Untersuchungen über die Trocknung der Getreide,

mit besonderer Berücksichtigung der Gerste.

Von der K. Technischen Hochschule zu München
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte Dissertation,

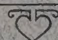
vorgelegt von

Ludwig Kießling,
K. Adjunkt der K. Saatzuchtanstalt in Weihenstephan.

Referent:
Prof. Dr. Carl Kraus.

Korreferent:
Prof. Dr. Franz v. Soxhlet.

Tag der mündlichen Prüfung:
18. Januar 1906.



München 1906.
Pößenbacher'sche Buchdruckerei (Klöck & Giehrl), Herzogspitalstraße 19.

Untersuchungen über die Trocknung der Getreide, mit besonderer Berücksichtigung der Gerste.

Von der K. Technischen Hochschule zu München
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte Dissertation,

vorgelegt von

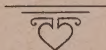
Ludwig Kießling,
K. Adjunkt der K. Saatzuchtanstalt in Weihenstephan.

Referent:
Prof. Dr. Carl Kraus.

Korreferent:
Prof. Dr. Franz v. Soxhlet.

Tag der mündlichen Prüfung:
18. Januar 1906.





München 1906.
Pößenbacher'sche Buchdruckerei (Klöck & Giehrl), Herzogspitalstraße 19.

Dem Andenken

seiner teuren Eltern

— gewidmet —

vom Verfasser.

Einleitung.

Die geernteten und erdroschenen Getreidefrüchte müssen, wie bekannt, hinsichtlich ihrer Haltbarkeit gewissen Anforderungen entsprechen, damit sie bei Aufbewahrung und Transport keine Einbuße in ihren wertbildenden Eigenschaften erleiden. Diese Haltbarkeit hängt in erster Linie vom Wassergehalt der Körner ab. Sobald dieser eine gewisse Grenze übersteigt, treten in den lagernden Körnern Veränderungen ein, die sich schon äußerlich in einem dumpfen Geruch und säuerlichen Geschmack, sowie durch den Verlust des natürlichen Glanzes und durch Entstehung einer dunkleren Farbe bemerkbar machen. Diesen äußeren Anzeichen einer stattgefundenen Schädigung entspricht dann in der Regel eine weitgehende Minderung in der Eignung des Getreides für landwirtschaftliche und technische Verwertung, die insbesondere in der Abnahme der Keimkraft, schlechterer Vermahlbarkeit und Backfähigkeit, bisweilen sogar in gesundheitsschädlicher Wirkung auf den menschlichen oder tierischen Organismus beim Genuß zum Ausdruck kommt. Die Ursache für diese Wirkung des höheren Wassergehalts auf die lagernde Frucht liegt zum Teil darin, daß bei größerem Feuchtigkeitsgehalt für die an den Körnern haftenden Pilzkeime die Lebensbedingungen sich besonders günstig gestalten. Auf dem wasserreichen Getreide gelangen Pilzvegetationen zur Entwicklung, welche die Kornsubstanz angreifen und mehr oder weniger eingehend chemisch verändern. Außerdem stehen aber auch die im ruhenden Samen sich abspielenden inneren, physiologischen Prozesse zu dessen Wassergehalt in enger Beziehung. Es ist schon durch A. Münz nachgewiesen (Sur la conservation des grains par l'ensilage. Comptes rendus de l'Académie de Paris 1881, Bd. 92; hier nach „Jahresbericht für Agrikulturchemie", 1882, S. 383), daß ruhendes Getreide ständig Wasser, Kohlensäure und flüchtige, durch den Geruch wahrnehmbare Stoffe abgibt, und daß diese Stoffabstoßung wächst unter anderem auch mit der Zunahme des Feuchtigkeitsgehalts der lagernden Frucht. Kürzlich hat auch R. Kolkwitz („Über die Atmung der Gerstenkörner"; in Hoffmann,

1*

„Das Versuchskornhaus und seine wissenschaftlichen Arbeiten“, Berlin 1904) durch komplizierte Versuchsanstellungen gefunden, daß die Atmung der Körner zunimmt mit dem Grade ihrer Feuchtigkeit, und zwar in einem viel größeren Verhältnis. Durch die Atmung wird also hauptsächlich Kohlensäure und Wasserdampf gebildet, und zwar in der Zeiteinheit umsomehr, je feuchter das Getreide ist. Kann dieser Wasserdampf nicht sofort an die freie Luft entweichen (und das ist im Innern der Getreidehaufen oder Säcke ausgeschlossen), dann schlägt er sich an den benachbarten kälteren Körnern nieder, diese noch stärker durchfeuchtend, und gibt dadurch zu einer weiteren Steigerung der Atmung Veranlassung; außerdem kommt diese Feuchtigkeit auch den Pilzvegetationen zugute. Durch beide Prozesse, die Pilzwucherung und die Kornatmung, wird ferner Wärme entbunden; diese wird durch die schlecht leitende Umgebung — organische Kornsubstanz und lufterfüllte Hohlräume — gut konserviert, und steigert ihrerseits wieder, wie auch aus den Versuchen der genannten beiden Autoren hervorgeht, die Atmungsintensität, und befördert außerdem, solange sie gewisse Grenzen nicht überschreitet, auch das pilzliche Leben. Wirken diese Verhältnisse einige Zeit ungestört zusammen, so muß die Atmung und die Produktion von Wasserdampf, sowie die Entwicklung der Pilzvegetationen und damit das Verderben der Körner in beschleunigtem Verhältnis zunehmen; und in großen Haufen feuchten Getreides vermag sich unter Umständen die erzeugte Wärme bis zur Verkohlung der Substanz oder bis zu deren Selbstentzündung zu steigern. Aber auch, wenn es nicht so weit kommt, ist der Schaden noch groß genug, wenn das Getreide die oben gekennzeichneten Veränderungen in seinen wertbestimmenden Eigenschaften erlitten hat.

Der Wassergehalt lufttrockenen Getreides bewegt sich in der Regel zwischen 10—20 % des Korngewichts; das Mittel von 15 % Wasser entspricht wohl auch am meisten der normal geernteten und gut gelagerten Frucht. Das vom Preußischen Kriegsministerium herausgegebene, für die Praxis der Proviantämter bestimmte Buch „Getreide und Hülsenfrüchte“ (Berlin 1895) spricht aus, daß eine im Getreidehandel als trocken bezeichnete Ware nicht über 14—15 % Wasser enthalten dürfe; Getreide mit über 20 % Wasser sei für die Militärverwaltung nicht abnehmbar. Atterberg gibt aus der Praxis der Samenkontrolle 16,7 % Wasser als Normalziffer für Gerste an (Landw. Versuchsstationen 1891, Bd. 39); Wolff (Aschen-

analysen) nimmt für die gleiche Frucht 14,3 %, König (und Dietrich: „Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futtermittel", 1891) 14,05 % als Durchschnittswert an. Mit einem Wassergehalt von 14—15 % ist Getreide unter gewöhnlichen Lagerungsverhältnissen und für die normale Aufbewahrungszeit, die ein Jahr in der Regel nicht übersteigt, haltbar. Bei längerer Aufbewahrung dagegen leidet, wie F. Haberlandt („Wiener landw. Zeitung", 1873) auf Grund eingehender Versuche über die Aufbewahrungsfähigkeit des Getreides angibt, die Keimfähigkeit schon, wenn der Wassergehalt bei Gerste und Weizen 11 %, bei Roggen 10 % und bei Hafer 12 % überschreitet. Und für Aufbewahrung in hohen Haufen mit beschränkter Luftzufuhr und in Silos glaubt J. F. Hoffmann („Wochenschrift für Brauerei", 1900, S. 101) 12 % Wassergehalt bei Gerste als obere Grenze feststellen zu sollen; bei höherem Wassergehalt dagegen werde eine derartige Aufbewahrung nicht mehr möglich sein. Doch ist die Frage noch nicht ganz entschieden, weshalb auch die erste deutsche Kornhauskonferenz in Halle 1899 Untersuchungen über die Normaltrockenheit des Getreides und Herstellung brauchbarer Trockenapparate für das wichtigste Postulat des Kornhauswesens erklärte. („Deutsche landw. Genossenschaftspresse", 1900, Nr. 6).

Bei Behandlung der geernteten Frucht begnügt man sich in der Regel mit der Wirkung der von Natur aus gegebenen Faktoren für die Trocknung der Getreide; jedoch gibt es Fälle, in denen die Trocknung künstlich befördert werden muß. Dies gilt besonders für Gegenden mit sehr feuchtem Klima, wo eine richtige Feldtrocknung selten oder nie zu erzielen ist. In solchen Lagen, wie in Schweden und in den russischen Ostseeprovinzen, hat man daher auch — wahrscheinlich schon seit alten Zeiten — künstliche Trockenvorrichtungen geschaffen, die den Zweck haben, den Wassergehalt des Erntematerials soweit herabzusetzen, daß dessen Aufbewahrung ohne Gefahr der Verderbnis möglich wird. Nach E. Schmidt-Odessa („Wochenschrift für Brauerei", 1900, Nr. 15) hat man in den Ostseeprovinzen hauptsächlich zwei Systeme solcher Trockenanlagen: entweder die Sievers'sche Jalousiedarre (deren Beschreibung von F. Hoffmann: „Über den gegenwärtigen Stand der Getreidetrocknungsfrage"; „Wochenschrift für Brauerei", 1899, S. 516), oder sogenannte Knüppeldarren, wo die Gerste mitsamt dem Stroh in ziemlich hohen Lagen bei offenem Feuer, dessen Rauch durch

den Trockenraum zieht, etwa zweimal 24 Stunden getrocknet wird. Die Gerste bekomme dabei eine dunkle Farbe, bei der Vermälzung laufe das erste Weichwasser dunkel ab, die Keimung aber gehe sehr gut und rasch vonstatten und auch die Auflösung sei gut. Die Gerste könne auf dem Speicher sehr hoch geschüttet werden und brauche kein Umschaufeln, da sie nicht mehr schwitze. Dieser Bericht sei ergänzt durch einige Mitteilungen, die mir von einem jungen Livländer Landwirt, dem Herrn von Samson-Himmelstjerna aus Sepkull, gemacht worden sind. Die auf den Knüppeldarren angewandte Trocknungstemperatur betrage, gemessen dicht unterhalb der Knüppelhorde, etwa 40 ° C. Neuerdings verschwinde diese Trockenvorrichtung allmählich und mache der Sievers'schen Jalousiedarre und der Reimer'schen Darre, die einen besonderen Heizraum und eine durchlochte Blechhorde besitze, also wohl unseren Malzdarren ähnelt, mehr und mehr Platz. Erwähnenswert ist die Angabe, daß die Pferde in Livland keinen andern als gedörrten Hafer fressen wollen. Auch die weitere Mitteilung, daß man dort nicht wie bei uns mit Speicherschwund bei der Lagerung der Körnerfrüchte zu rechnen habe, sondern mit einem Speicherplus, hervorgerufen durch die nachträgliche Wasseranziehung seitens des gedörrten Getreides, ist von Interesse. Eine Beschreibung von solchen Trockenvorrichtungen in den Ostseeprovinzen findet sich auch bei J. F. Hoffmann „Das Versuchskornhaus und seine wissenschaftlichen Arbeiten", Berlin 1904, S. 58 ff. Daselbst sind auch Literaturangaben und Beobachtungen livländischer Autoren verzeichnet. Auch in Schottland wird nach F. Brand („Zeitschrift f. d. gesamte Brauwesen", 1896, S. 603 ff.) die Gerste bei zu hohem, 17 % übersteigenden Wassergehalt auf einhordigen Darren getrocknet, wobei 6—12 Stunden lang eine Temperaturhöhe von 40—45° C. eingehalten wird. Ebenso wird in Holland feucht eingebrachte Gerste auf gewöhnlichen Darren bei 25—30 ° C. 12—24 Stunden lang getrocknet. In beiden Ländern soll man eine günstige Einwirkung der Trocknung auf die Keimfähigkeit erfahren haben.

Aber auch in anderen Gegenden nimmt man zuweilen künstliche Wärme zur Austrocknung zu Hilfe. So teilt F. Haberlandt folgendes mit („Der allgemeine landw. Pflanzenbau", Wien 1879): In den östlichen Ländern Österreichs, zum Beispiel in Galizien und in der Bukowina, wo der Mais, auf dem Dachraum aufbewahrt, vom Rauch des darunter befindlichen Feuerherdes durchzogen

wird, da erfolgt gleichfalls eine künstliche Trocknung der Maiskolben, deren Körner sich deshalb auch viel besser erhalten.

Auch unter unseren klimatischen Verhältnissen herrscht häufig eine so ungünstige Erntewitterung, daß es nicht möglich ist, das Getreide trocken und gesund einzubringen; und zu solchen Zeiten wären Anlagen zur künstlichen Getreidetrocknung von unschätzbarem Vorteil. In der Tat sind auch praktische Anregungen und Versuche zur künstlichen Trocknung der Ernten besonders in Jahren mit hervorragend schlechtem Erntewetter, aufgetaucht. Eine besondere Bedeutung gewinnt in der neueren Zeit diese Frage mit Rücksicht auf die Absatzverhältnisse. Wenn in der Gegenwart die heimische Landwirtschaft konkurrenzfähig sein und bleiben will, dann müssen ihre Produkte den Abnahmebedingungen des Großhandels entsprechen; und hier spielt der Wassergehalt und die Haltbarkeit des Getreides eine hervorragende Rolle, wenn es den Gefahren eines längeren Transports und der Lagerung in großen Kornhäusern, insbesondere bei Anwendung des Elevator- und Silosystems, gut widerstehen soll. Mit Rücksicht darauf wird die künstliche Trocknung in Zukunft mehr und mehr zur Anwendung kommen müssen. Aber auch sonstige Gründe sprechen für deren Anwendung. Es sei hier nur an die Beförderung der Keimkraft noch nicht mälzungsreifer Gerste und von neuem Roggen bei der Verwendung zur Saat erinnert.

Wie man schon in älterer Zeit den Wert trockener Saatfrucht zu schätzen wußte, darüber ist in einem 1766 in Hannover erschienenen Buch: „Der Hausvater", zweite Auflage, erster Teil, S. 143 ff. zu lesen: „Bei Roggen ist es ein Vorteil, daß er vorher recht ausgetrocknet wird, damit er langsamer ankeime, weil sich dann der Keim in der Hülse stärke und zuerst Wurzeln treibe und dann erst den Graskeim. Solches Korn übertreibt niemals, ist gegen Witterungseinflüsse hart, leidet nicht durch Auffrieren, überhaupt nicht durch Frost, treibt keine tauben Hülsen und legt sich nicht, treibt langsamer, aber stärker. Nicht ausgetrocknetes Korn ist empfindlich gegen die Witterung".

Die Erbauung von besonderen maschinellen Einrichtungen für die Getreidetrocknung blieb in Deutschland der neueren Zeit vorbehalten; es sind viele Apparate für diesen Zweck konstruiert worden, und es haben sich verschiedene Einrichtungen auch bereits in die Praxis eingeführt. Insbesondere seit der Errichtung des Ver-

suchskornhauses in Berlin (1898) findet diese Frage eine Bearbeitung im großen und mit dem Ziel unmittelbarer praktischer Verwertbarkeit der Resultate. Von dessen Arbeiten und besonders von den einschlägigen Publikationen des Vorstehers, Dr. J. F. Hoffmann, kann hier nur soweit Notiz genommen werden, als dem Zweck der vorliegenden Arbeit entspricht. Schon vor Errichtung des Versuchskornhauses studierte Hoffmann praktisch die Trocknung an einem Apparat für Stärketrocknung und machte darüber folgende Mitteilungen („Wochenschrift für Brauerei", 1896): Durch die angewandten Trocknungsmethoden ist es möglich, Getreide von 19 % Wassergehalt in 22 Minuten soweit zu trocknen, daß es nur 11—12 % Wasser enthält und von seiner Keimfähigkeit nichts einbüßt. (Die genaueren Keimversuchszahlen sind für den Vergleich nicht gut geeignet, da sie nicht unter völlig gleichen Verhältnissen entstanden sind.) Über die von Hoffmann gemeinschaftlich mit Lorenz angestellten Versuche an einem rotierenden Vakuumtrockenapparat ist im Jahrbuch der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft 1899 berichtet. Der zu den Versuchen verwendete Weizen hatte einen Wassergehalt von 22,4 %. Der Mittelwert der Temperatur im Innern des Heizraumes betrug 64,5 °, die Temperatur des Getreides beim Entleeren 42° beziehungsweise 43°. Der Wassergehalt des Weizens wurde durch die Trocknung auf 17,1 % erniedrigt.

	Versuch I	Versuch II
Endtemperatur des Getreides . . .	**42°**	**43°**
Trocknungsdauer	**58 Min.**	**55 Min.**
Keimfähigkeit vor der Trocknung .	**96 %**	**98,0 %; 97,6 %**
„ nach „ „ .	**86 %**	**93,0 %; 92,3 %**

Hoffmann hat neuerdings seine in verschiedenen Zeitschriften verstreuten Aufsätze gesammelt und veröffentlicht in dem Buch: „Das Versuchskornhaus und seine wissenschaftlichen Arbeiten", Berlin 1904. In diesen Arbeiten haben wohl fast alle für die Getreidetrocknung im großen wichtigen Gesichtspunkte eine Berücksichtigung erfahren, und die Mehrzahl der in Deutschland konstruierten Trockner wurde von dem Autor auf ihre Leistung geprüft. Auf die einzelnen Arbeiten des Sammelwerkes kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, doch sei auf den für die vorwürfige Frage besonders wichtigen Abschnitt des Buches: „Über Getreidetrockner" hingewiesen.

L. Meurin in Friedrichswerth berichtet („Blätter für Zuckerrübenbau“, 1901, Nr. 14) über einen Versuch mit Korntrocknung im großen, wornach bei einer Trocknungstemperatur von 37—47° C. und einer Trocknungszeit von 13—16 Minuten ein Wasserverlust von 3,2—4,4 % und eine Steigerung der Keimfähigkeit um 2,2—21,3 % erzielt worden ist. Bei der Trocknung von Getreide mittels eines Dampftrockenapparats in Eckendorf wurde von Falke („Illustr. landw. Zeitung“, 1902, Nr. 81) eine Zunahme der Keimkraft um 5 % festgestellt.

Auch in Brauereien und in Malzfabriken hat man vielfach, wie unter anderem auch F. Brand mitteilt („Zeitschrift f. d. gesamte Brauwesen“, 1896, S. 603 ff.), die Gerste unter Anwendung der gewöhnlichen Malzdarren oder sonstiger Einrichtungen künstlich getrocknet, und gute Erfahrungen damit gemacht usw.

Die Frage hat aber nicht nur praktisches, sondern auch ein wissenschaftliches, besonders pflanzenphysiologisches Interesse, namentlich hinsichtlich der Wirkungen höherer Temperaturen auf die Samen und deren Widerstandsfähigkeit gegen starken Wasserverlust. Hiernach ist es begreiflich, daß schon vielerseits mit Versuchen auf diesem Gebiet vorgegangen wurde. Die meines Wissens ersten wissenschaftlichen Beobachtungen über die Wirkungen der künstlichen Samentrocknung sind zitiert in Treviranus, „Physiologie der Gewächse“, 1838, wie folgt: Duhamel fand als das beste Mittel gegen die Verwüstungen des Korns durch die Larven der Tinea granella, daß er es in einen geheizten Ofen brachte, welches die Tiere tötete, ohne die Keimfähigkeit der Körner aufzuheben; und Getreide, welches auf diese Weise 90° R. während 24 Stunden ausgehalten hatte, war noch völlig keimfähig (Hist. d'un Ins. qui devore l. grains de l'Angoumois). Weiter sagt Treviranus: Die Wärme wirkt jedoch sehr verschieden, je nachdem sie trocken oder als Dunst oder im Wasser appliziert wird. Getreidekörner verloren im Wasser, welches am 100teiligen Thermometer 50° Wärme und darüber hatte, schon in weniger als einer Viertelstunde die Fähigkeit zu keimen; in Luft, mit Wasserdampf gesättigt, von 62° behielten sie solche noch zum Teil, und in trockener Luft von 75° noch vollkommen, wenn sie eine Viertelstunde darin verweilt hatten (Edwards et Colin s. l. Germination: Ann. d. Sc. nat. II. Ser. I.).

Auch von Th. von Saussure sind Versuche über den Einfluß des Trocknens auf die Keimung mehrerer Samenarten gemacht worden (Memoire de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, Tom. III. 2. part. p. 1.), deren Resultate von L. Zierl mitgeteilt sind im ersten Band der gemeinschaftlich mit Max Schönleutner herausgegebenen Jahrbücher der K. B. landw. Lehranstalten zu Schleißheim (München 1828): „Ein künstliches Trocknen bey einer höheren Temperatur als diejenige ist, welcher die Samen in der Natur ausgesetzt sind, hat keinem Samen die Fähigkeit zu keimen genommen; einige bedurften nur zur Keimung in diesem Fall einer längeren Befeuchtung.“ (Aus einer Notiz an anderer Stelle geht hervor, daß mit dieser höheren Temperatur eine solche von über 70° C. gemeint ist, da nach Ansicht von Saussure die Bodenwärme unter dem Einfluß der Besonnung schon diese Höhe erreichen kann.) Zierl knüpft daran die Bemerkung: „Samen lassen sich auch bey einer noch höheren Temperatur als bei 56° R. (gleich 70° C.) trocknen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. Auch diese Erfahrung ist für die Praxis von Wichtigkeit. Es ist bekannt, daß das Getreid (Samen überhaupt) durch ein stärkeres Trocknen, zum Beispiel mittels erwärmter Luft, zur Aufbewahrung besser geeignet ist, als ein Getreid, das nur bey gewöhnlicher Lufttemperatur getrocknet ist; man glaubte bisher, daß durch diese Operation die Keimfähigkeit verloren gehe. Da nun dieses nicht der Fall ist, so könnte zu Zeiten der Noth selbst ein auf diese Weise aufbewahrtes Getreid zur Saat verwendet werden. Es ist Schade, daß das Maximum der Temperatur, bey welcher ein Samen getrocknet werden kann, ohne die Keimfähigkeit zu verlieren, nicht angegeben ist“.

Ältere Versuche wurden auch mit Leinsaat angestellt, welche nach praktischen Erfahrungen durch die Dörrung eine Erhöhung in ihrer Produktionskraft erfahren sollte. Dabei kommt E. Ockel in seinen diesbezüglichen Versuchen („Bericht über das Versuchsfeld Frankenfelde“, Berlin 1854) zu dem Schlusse, daß man den Leinsamen keiner höheren Temperatur als 40° R. aussetzen und nicht in zugebundenen Säcken hinlegen dürfe, sondern ausbreiten müsse, damit die sich entwickelnde Feuchtigkeit verdunsten könne, und nicht auf den Leinsamen zurückfällt, und dessen Keimkraft zerstört. Auch Pietrusky führte 1854 Versuche mit Leinsamendörrung aus und empfahl 40° R. als Temperaturgrenze (vergl. E. Wollny, „Landw. Jahrbücher“, Band 2, 1873, S. 142). E. Heyden hat festgestellt

(„Über das Keimen der Gerste“; Dissertation 1859), daß lufttrockene Gerstenkörner noch keimten, wenn sie eine Stunde lang trockener Luft von 90° ausgesetzt gewesen waren. Weiter sind die von Herm. Fiedler unter Leitung von J. Sachs (Sachs, „Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen“, 1865) durchgeführten Versuche mit lufttrockenen Samen zu erwähnen. Die Samen wurden in einem verschlossenen Reagenzzylinder im Wasserbad je eine Stunde erhitzt und darnach in feuchter Erde zur Keimung angestellt. 100 Körner lieferten A-Keime, welche über die Erde kamen; B-Keime, welche vor Durchbruch der Erde verkümmerten; die Temperatur nach Celsius:

Sorte der Samen	Nicht erhitzt		57—58°		59—60°		62—63°		64—65°		67—78°		71—72°		73°	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Erbsen	88	10	—	—	—	—	—		75	20	92	5	13	3	3	3
Roggen	96	2	—	—	—	—	88	12	40	36	20	6	0	0	0	0
Weizen	100	—	—	—	—	—	—	—	98	0	6	6	0	1	0	0
Gerste	96	0	98	0	90	2	88	4	6	0	0	0	0	0	0	0

Es ist dem Zitat anzufügen, daß der Apparat keinen Luftwechsel zuließ und ein Austrocknen der Körner bei der Erhitzung nicht erfolgte.

Eingehende Versuche hat F. Haberlandt 1863 mit 88 Pflanzenarten gemacht, indem er sie in Trockenapparaten einer innerhalb 48 Stunden allmählich steigenden Temperatur von 30, 45, 60, 70 und 80° R. aussetzte; dabei ergab sich folgendes (Haberlandt, „Der allgem. landw. Pflanzenbau“, Wien 1879, S. 71 ff.):

1. Daß eine so lang andauernde Einwirkung einer Temperatur von 30—40° R. keinerlei schädigenden Einfluß auf die Keimfähigkeit der verwendeten Samenarten hatte.

2. Daß eine derartige Einwirkung von 60° R. (75° C.) gleichfalls keinen Einfluß weder als eine teilweise Vernichtung der Keim-

fähigkeit, noch als eine Verlangsamung der Keimung sämtlicher landwirtschaftlicher Sämereien ausübte.

3. und 4. Bei einer Einwirkung von 70° und 80° R. haben fast alle Getreidearten ohne Anstand und mit wenig bemerkbarer Verzögerung gekeimt. (Bei verschiedenen anderen Sämereien haben diese Temperaturen eine Verzögerung oder teilweise und gänzliche Aufhebung der Keimkraft bewirkt.)

In einer Untersuchung über Getreidetrocknung (Landw. Versuchsstationen 1868) macht Alex. Müller die Bemerkung: „Die Keimfähigkeit der Körner scheint bei der Trocknung in dem Grade verloren zu gehen, als Eiweiß und Stärke sich verändern. Nach Ende der fünfziger Jahre von mir angestellten Versuchen ertrugen Cerealien eine Erhitzung bis über 70°, wenn dieselbe langsam und bei freiem Abzug des Wasserdampfes erfolgte. Ihre Keimfähigkeit wurde aber schon weit unter dieser Grenze vernichtet, wenn sie in nassem Zustande, ohne gleichzeitige Austrocknung erhitzt wurden. . . . . . Bei sehr vorsichtiger Austrocknung scheint die Keimfähigkeit bis 100° sich zu erhalten, geht aber oberhalb dieser Temperaturgrenze verloren“. F. Krasan teilt mit („Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien“, 1873), daß zehn Weizensamen, mit großer Vorsicht einer innerhalb 13 Stunden auf 100° C. steigenden Temperatur ausgesetzt und dann 4 Stunden bei dieser Wärme gehalten, die Keimung zum Teil einleiteten. Von den sieben mit Verzögerung gekeimten Körnern lieferten nur fünf gesunde Keimlinge. Bei einer Erwärmung auf 60—80° vermindert sich ebenfalls Keimkraft und Keimgeschwindigkeit. Eine Trocknung über Chlorcalcium bei gewöhnlicher Temperatur beeinflußt die Keimung nicht.

F. von Höhnel erwärmte Samen, wie in Haberlandt, „Wissenschaftl. prakt. Unters. a. d. Gebiet d. Pflanzenbaues“, 1877, Band 2, S. 77 ff., mitgeteilt ist, unter Benützung einer Vorrichtung, welche der von Fiedler angewandten vollkommen ähnelte; nur wurden, damit die Erwärmung der Samen rascher und gleichmäßiger vor sich gehe, die Zwischenräume zwischen den Körnern mit Messingfeilspänen ausgefüllt. Ferner wurden die Samen vor oder während der Erhitzung getrocknet. Es ergab sich, daß die meisten Samen eine Erwärmung bis zu 110° ertragen, wenn sie hinreichend trocken sind, wenn die Temperatur nur allmählich gesteigert wird, und wenn mit der Erwärmung eine Austrocknung

einhergeht. „Es ist jedoch nicht statthaft, einen bestimmten Temperaturgrad als Grenzwert anzugeben, da ein solcher nur für ein Samenindividuum gilt, nicht aber für eine ganze Samenart“. Auch werden Individuen, welche nicht mehr ganz gesund sind, geringeren Hitzgraden erliegen als völlig gesunde.

E. Wollny trocknete 1876 und 1877 verschiedene Getreidesamen bei einer zwischen 32 und 35° C. liegenden Temperatur und erhielt folgende Resultate. (Vergl. „Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen“, S. 301 ff.):

Name der Getreideart	1876 Trocknungsdauer 3 Wochen			1877/78 Trocknungsdauer 6 Wochen		
	Wasserverlust	gekeimt von gedörrt	gekeimt von nicht gedörrt	Wasserverlust	gekeimt von gedörrt	gekeimt von nicht gedörrt
Weizen . . .	8,04%	96%	92%	6,11%	75%	100%
Roggen . . .	8,41%	68%	96%	5,75%	87%	100%
Gerste . . .	7,84%	100%	100%	5,19%	100%	100%
Hafer . . .	6,68%	100%	100%			

Mit Nadelholzsamen stellte Jul. Wiesner („Über den Einfluß hoher Temperaturen auf die Keimfähigkeit einiger Samen“; Landw. Versuchsstation. XV., S. 297) Versuche an und fand, daß die Samen von Schwarzföhre, Fichte und Lärche eine Temperatur von 70° C. 15 Minuten lang ohne Schädigung aushielten, und sogar in der Mehrzahl der Fälle früher keimten, als nicht erwärmte. Velten (Sitzungsbericht d. Ak. d. Wissensch. in Wien, 1876) experimentierte mit Samen von Pinus Picea Du Roi. Er folgert, daß der Einfluß des Erwärmens günstig oder ungünstig sein kann, je nachdem der physiologische Zustand ist, in dem der Same sich befindet; und daß höhere Temperaturen bei kürzerer Einwirkungsdauer denselben Effekt ausüben, wie längere Erwärmung bei niedrigeren Wärmegraden. Nobbe teilt als einschlägige Erfahrung mit, daß der Klengprozeß der Schwarzkiefern (Pinus austriaca) die Samen schon einer Temperatur von 32—35° R.,

die der gemeinen Kiefern und Fichten einer solchen von 40°, vorübergehend selbst von 45° aussetzt (Nobbe, „Handbuch der Samenkunde“, S. 382).

Ausgedehnte Experimentaluntersuchungen sind von L. Just gemacht worden (vergl. Cohns „Beiträge zur Biologie der Pflanzen“, Band 2). Darnach vertragen manche Samen bei vorsichtiger Erwärmung Temperaturen bis zu 120 und 125° C., sogar während einer längeren Einwirkungszeit, wenn sie nur vorher gut ausgetrocknet waren. Durch sorgfältiges Austrocknen werden die Samen gegen die Schädigungen höherer Temperaturen sehr geschützt; diese können aber nie ganz beseitigt werden. Bei ganz durchnäßten Samen steigt die Schädigung mit der einwirkenden Temperatur; bei nicht ganz trockenen wirkt eine Erwärmung umso schädlicher, je höher der Wassergehalt der Samen ist. Es bleibt aber die Einschränkung bestehen, daß manche Samen einer Erwärmung bis zu 60—70° C. eine Begünstigung in der Keimfähigkeit verdanken, wenn der Wassergehalt eine bestimmte Grenze nicht übersteigt. Die durch die Wärmewirkung hervorgerufene Schädigung hat große Ähnlichkeit mit der durch das Altern der Samen einhergehenden Abnahme der Keimkraft, wenigstens in Bezug auf den Beginn und die Dauer der Keimung, sowie auf das Keimprozent.

G. Wilhelm teilte Versuche über den Einfluß der Trocknung auf die Keimfähigkeit des Leinsamens mit („Fühlings landw. Ztg.“, 1877, S. 950.) Die Trocknung erfolgte hier im Luftbad bei zweistündiger Dauer der Erwärmung.

Es keimten nach	1	2	3	4	5	10	15	20	**Tagen**
von 100 Körnern, nicht getrocknet	1,5	72,5	81	83	85	85	85	85	
von 100 Körnern, getrocknet bei 50—57° C.	0	52	68	70	77,5	80	80	80	
von 100 Körnern, getrocknet bei 72—77° C.	0	0	0,5	3	9,5	25	53	57,5	

Aus späteren Versuchen mit Winterweizen, Roggen, Ligowohafer schließt Wilhelm („Fühlings landw. Ztg.“, 1884, S. 261 ff.), daß die Trocknung günstig auf die Erhaltung der Keimfähigkeit einwirke. Die getrockneten Samen nehmen bei der Vorquellung mehr Wasser auf, als die nicht getrockneten. Die bei höherer Temperatur (75°) getrockneten Samen keimen langsamer als die nicht oder bei

mäßiger Temperatur (50°) getrockneten. Einer Arbeit von van Tieghem und G. Bonnier über die Wirkung des Austrocknens auf die Keimfähigkeit der Samen („Naturforscher“, 1883, Nr. 16) seien folgende Angaben entnommen: Fabasamen, 24 Stunden bei 35° getrocknet, keimten nach drei Tagen und lieferten gesunde Pflanzen. Bei 85° getrocknet, keimten sie nach drei Tagen noch nicht, wohl aber nach acht Tagen; jedoch entwickelten sich die Keimlinge schlecht. Getreidesamen, bei 100° getrocknet, keimt nicht mehr; bei 35° getrocknet, keimt Roggen zu 100, Hafer zu 99, Gerste zu 83, Mais zu 20 %. Kürzere Zeit auf 100° erwärmt, keimt Roggen noch. Bei 80° getrocknet, einen bis sechs Tage lang, keimt Roggen bis zu einer viertägigen Einwirkung.

Von Krandauer und Ehrhardt sind („Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen“, 1884) einige Trocknungsversuche mit einer nur zu 86 % keimenden Gerste angestellt worden, welche ergaben, daß mit steigender Erwärmung die Keimfähigkeit sich verbesserte, und daß diese, nachdem die Gerste in zehn Stunden allmählich auf 50° erwärmt worden war, auf nahezu 96 % stieg. C. Lintner erwähnt in einer Arbeit: „Altes und Neues über Bierbrauerei“ („Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen“, 1880) einige Keimversuche, die von Kellner in Weihenstephan mit getrockneter Gerste angestellt wurden, und die eine Schädigung der Gerste durch starkes Erhitzen erwiesen. In einer Mitteilung über die künstliche Getreidetrocknung in Bezug auf die Keimfähigkeit („Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft“, 1897, S. 185) sagt Nobbe, daß feucht eingebrachtes Getreide ungünstig für den Backprozeß sei und eine zu geringe Keimungsenergie besitze. Er stellte Versuche mit Weizen, Roggen und Hafer an, die einen Wassergehalt von 12—13 % und eine Keimfähigkeit von 97,5—100 % besaßen. Weizen und Roggen wurden selbst durch Temperaturen von 80° nicht beeinträchtigt; erst bei 90° trat eine wachsende Schädigung, und bei 100° C. ein völliges Erlöschen der Keimfähigkeit ein. Hafer ist empfindlicher gegen Wärme von über 40—50° C.

Nach einer Notiz von E. R. Moritz in „Brewing Trade Review“, 13, 154 wurde ein kleines Quantum Gerste in einen Beutel mit einer Ladung Malz auf die Malzdarre gelegt und mitgedarrt. Dann wurden 25 gesunde Körner dieser gedarrten Gerste in feuchte Erde gelegt und liefen mit einer Ausnahme sämtliche auf, allerdings etwas langsamer, als nicht gedarrte.

Im Jahresberichte der Münchener Braueraksdemie 1899/1900 sind folgende Versuche mitgeteilt: Eine Gerste mit 12,92 % Wasser wurde im Soxhlet'schen Trockenschrank im Luftstrom erhitzt.

Nicht gekeimt nach	3 Tagen	7 Tagen
Nicht behandelt	8,2%	0%
1 Stunde bei 50° getrocknet	0,6%	0,6%
2 Stunden „ 50° „	0,3%	0,3%
3 „ „ 50° „	4,1%	1,9%
1 Stunde „ 75° „	16,2%	2,7%
2 Stunden „ 75° „	11,4%	6,2%
3 „ „ 75° „	36,6%	13,3%
1 Stunde „ 100° „	92,0%	62,5%
2 Stunden „ 100° „	91,9%	67,6%
3 „ „ 100° „	98,5%	82,4%
In 6 Stunden auf 100° gebracht	15,0%	1,7%
„ 4 „ „ 100° „	47,4%	30,3%
„ 2 „ „ 100° „	68,1%	21,0%
„ 2 „ „ 100° „ und dann zwei Stunden dabei erhalten	38,3%	16,9%

Über eine Untersuchung von V. Jodin (Compt. rend. 1899) liegt ein Referat im Jahresbericht für Agrikulturchemie 1900 vor, wornach sich Weizenkörner, denen durch mäßige Hitzegrade der größte Teil ihrer Feuchtigkeit entzogen war, durch eine allmähliche Steigerung der Temperatur erhitzen ließen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren. Versuche mit Erbsen- und Kressesamen ergaben deren hohe Widerstandsfähigkeit gegen Hitze, wenn der ausgetriebene Wasserdampf durch Anwendung offener Gefäße oder eines Trockenmittels unschädlich gemacht wurde.

Auch im luftleeren Raum kann man nach Doyer (nach einer Notiz im „Bierbrauer“, 1900) Getreide auf 100 ° erhitzen, ohne daß es seine Keimfähigkeit verliert.

Über die physiologischen Wirkungen einer Austrocknung boi gewöhnlicher Temperatur unter Zuhilfenahme wasserentziehender

Stoffe liegen nur wenig Beobachtungen vor. So fand Saussure („Annales des sciences naturelles“, 1827, B. X), daß die Samen verschiedener kultivierter Pflanzen in der Keimfähigkeit nicht geschädigt waren, wenn sie auch sechs Monate über Schwefelsäure getrocknet wurden. Nur bei einigen kleineren Samen (Campanula rapunculoides, Portulaca oleracea, Pastinaca oleracea) verspätete sich infolgedessen die Keimung um einige Tage, während Roggen, Weizen, Gerste, Hafer ebenso rasch keimten, wie lufttrocken aufbewahrte Samen. Einige einschlägige Versuche sind auch von G. Schröter mitgeteilt. („Über die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen“. Untersuchungen aus dem botanischen Institut der Universität Tübingen. 2. Band, Leipzig 1886—1888.) Schröter sammelte reife und unreife Körner von Gerste und Spelz und trocknete sie im Exsikkator über Schwefelsäure, wobei die Samen vom lufttrockenen Zustand ab noch 9,67—11,42 % Wasser verloren. Die getrockneten Samen keimten fast sämtliche, aber zum Teil etwas langsamer als die lufttrocken aufbewahrten; insbesondere verzögerte sich die Keimung bei den noch sehr unentwickelten Gersten und Weizen, die auch nicht alle keimfähig geblieben waren.

Die Mitteilungen der Literatur über die Wirkungen der künstlichen Samentrocknung auf die Keimfähigkeit lauten häufig widersprechend; zuweilen hat die Trocknung einen die Keimung begünstigenden Einfluß gehabt; meist aber, und besonders wenn die Samen feucht erhitzt wurden, eine Schädigung verursacht. Soviel scheint mit Sicherheit aus den früheren Versuchen hervorzugehen, daß es für jede Samenart und jedes Individuum eine Grenztemperatur gibt, über welche erhitzt die Samen an der Keimfähigkeit Schaden leiden. Und zwar drückt sich der nachteilige Einfluß zunächst in einer Verlangsamung der Keimung und dann auch in einem Abfallen des Keimprozentes bis zur völligen Vernichtung der Keimfähigkeit aus. Zuweilen ist die erfolgte Ankeimung noch kein Beweis dafür, daß der Samen unbeeinflußt aus der Warmbehandlung hervorgegangen ist, indem die Keimpflanzen wieder eingehen können. Welcher Art die Beschädigungen sind, darüber bestehen verschiedene Meinungen. Haberlandt sucht den Grund in einer außerordentlichen Verhärtung der Frucht- und Samenhäute unter dem Einfluß der Erwärmung. L. Just nimmt an, daß die Reservestoffe durch die Temperaturwirkungen vielleicht in einen Zustand übergeführt werden, in dem sie unter dem Einfluß von

Fermenten nur sehr langsam in eine für die Entwicklung des Keims brauchbare Form übergehen und dem Embryo infolgedessen in der Zeiteinheit nur geringe Mengen von plastischen Stoffen geboten würden. Dagegen habe diese Schädigung nichts mit der Gerinnung des Eiweißes zu tun. — Bereits angeführt ist die Ansicht von Alex. Müller, daß die Keimfähigkeit der Körner durch die Trocknung in dem Grade verloren zu gehen scheine, als Eiweiß und Stärke sich verändern. — O. Harz spricht („Landw. Samenkunde" I., S. 398) die Meinung aus: „. . . . . anhaltende Wasserentziehung scheint die Keimkraft zum Teil aufzuheben. Es mag dies vielleicht darauf beruhen, daß bei einem gewissen Minimalgehalt an Wasser das Eiweiß seine Löslichkeit mehr oder minder vollständig einbüßt, und auf diese Weise dasselbe für den Embryo als unverwendbar verloren geht". Anderseits erklärt Haberlandt die günstige Wirkung der Erwärmung durch die Annahme, daß dadurch ein Einfluß auf die chemische Beschaffenheit der Reservestoffe ausgeübt worden sei, welche deren leichtere Löslichkeit zur Folge hatte. E. Wollny teilt in der Frage den Standpunkt von C. Kraus („Beiträge zu den Prinzipien der mechanischen Wachstumstheorie und deren Anwendung". Forschungen auf dem Gebiet der Agrikulturphysik, B. I, 1878), daß durch das Austrocknen eine Beeinflussung der molekularen Konstitution des Protoplasmas der betreffenden Keime eintritt. Daß die Verzögerung der Keimung und im Wachstum nicht von der Entziehung von Wasser herrühren kann, dafür spricht der Umstand, daß sich das Austrocknen über das Keimstadium hinaus im ganzen späteren Leben der Pflanze bemerklich macht, und die dadurch hervorgerufenen Änderungen im Entwicklungsgange der Pflanzen durch einfache Wasserzufuhr nicht sofort und überhaupt nicht mehr ausgeglichen werden können („Saat und Pflege", S. 305).

Bei den Beziehungen zwischen dem Wassergehalt und der Haltbarkeit des Getreides ist es für die Technik der Getreidebehandlung von Wichtigkeit, daß die Bedingungen für eine künstliche Steigerung des Trocknungsprozesses durch exakte Versuche möglichst allseitig klargestellt werden. Die erste Anforderung der Praxis ist die Herabsetzung des Wassergehalts in einem Grade, daß die Haltbarkeit völlig gesichert ist. Ferner soll die Trocknung wirtschaftlich ausführbar sein, also weder zu hohe Kosten, noch unverhältnismäßig viel Zeit und Mühe beanspruchen. Die Frucht darf durch

die Behandlung keine Einbuße in ihren wertbildenden Eigenschaften erleiden; dieser Punkt ist besonders wichtig, wenn es sich um Saat- und Mälzungsgut handelt, dessen Keimfähigkeit, wie die zitierten Versuche nachweisen, unter höheren Temperaturen beträchtlich leiden kann. Dagegen hat die Praxis wenig Interesse daran, zu erfahren, welche Wirkung eine vollständige Austrocknung hat, oder wie eine Erhitzung wirkt, wenn die Austrocknung verhindert ist. Ebenso können Versuche, bei welchen vorgetrocknetes Material erhitzt wurde, oder wo sich die Austrocknung über zu lange, wirtschaftlich unmögliche Zeiträume erstreckte, oder wo endlich die Wärmewirkung durch ein chemisches Trockenmittel unterstützt wurde, kaum große Bedeutung für die Technik der Getreidetrocknung bekommen. Auch die Versuche über die Wirkungen sehr hoher und die Keimkraft schädigender Temperaturen werden für die Ausbildung von Trocknungsmethoden in allen den Fällen nicht von unmittelbarem Werte sein, wo es auf die Erhaltung der Keimfähigkeit des Trockengutes ankommt. Die Bedeutung dieser Versuche für die allgemeine wissenschaftliche Erkenntnis über die Eigenschaften der Samen soll damit natürlich nicht bestritten werden; im Gegenteil, es ist hervorzuheben, daß eine technische Erörterung der Getreidetrocknungsfrage erst möglich wurde, nachdem allgemein das Verhalten der Samen gegen höhere Temperaturen studiert war.

Schaltet man aus der vorstehenden Übersicht alle nur zu solchen wissenschaftlichen Zwecken unternommenen Versuche aus, deren Ergebnisse sich nicht unmittelbar für die Getreidetrocknung verwerten lassen, sowie auch diejenigen, welche mit offensichtlichen Fehlerquellen behaftet sind, so bleibt recht wenig übrig, was Unterlagen für praktische Studien auf den bezeichneten Gebieten bieten kann.

Ob es beim wissenschaftlichen Versuch, der stets mit kleinen Samenmengen und mit besonderen kleinen Laboratoriumsapparaten operieren muß, überhaupt gelingt, die Bedingungen so zu gestalten, daß die Ergebnisse direkt auf die Praxis, die mit großen Mengen von Getreide und in ganz anders gebauten Apparaten arbeitet, übertragen werden können, ist meines Erachtens zunächst als eine offene Frage zu bezeichnen. Jedenfalls wird jeder Trockenapparat und jede Trocknungsmethode durch besondere Eigenheiten sich von allen übrigen unterscheiden; und dazu kommt noch die weitere Schwierigkeit, daß nicht nur jede Samenart, sondern jedes Indi-

viduum sich anders gegenüber solchen Einwirkungen verhält, so daß jeder Posten Getreide, der getrocknet werden soll, eigentlich eine Spezialuntersuchung verlangt. In der Praxis wird man sich darauf wohl nicht einlassen können; ob es aber nicht möglich ist, vor Trocknung eines Postens im großen eine Durchschnittsprobe im kleinen auf ihr Verhalten zu prüfen, sei als erörternswert angeführt.

Das Hauptgewicht wird aber auf möglichst eingehende praktische Erprobung aller konstruierten und auf den Markt gebrachten Getreidetrockner zu legen sein, wobei nicht nur die für die Trocknung in Betracht kommenden technischen und ökonomischen Fragen allein zu studieren sind, sondern vor allem auch das physiologische und technische Verhalten des Trockenguts und dessen Reaktionen auf die verschiedenen Trocknungsverfahren. Macht man nebenher und im kleinen bei jeder solchen Trocknung mit einem geeigneten Laboratoriumstrockenapparat Kontrollversuche, und zwar genau immer nach derselben Methode, so werden sich bald Gesetzmäßigkeiten aufspüren lassen, die erlauben, bei Saatgut und Mälzungsfrucht den physiologischen Trocknungseffekt durch das Ergebnis des Laboratoriumsversuchs zu bestimmen und zu messen. Es werden also auch in Zukunft exakte Versuche im kleinen zur Aufklärung der Vorgänge bei der Trocknung und der obwaltenden Gesetzmäßigkeiten notwendig sein. Denn ohne solche wird man die Wirkung eines großen Trockners niemals richtig verstehen und dirigieren können.

Aber nicht nur die künstlich gesteigerte Trocknung gibt Anlaß, exakte Untersuchungen anzustellen, sondern auch der natürliche Trocknungsvorgang bietet manche offene, noch wenig untersuchte Fragen. Insbesondere ist bezüglich der Verhältnisse, unter welche die gereiften Körner bei und nach der Ernte versetzt werden, noch vieles aufzuklären, wie hinsichtlich der Wirkungen verschiedener Feldtrocknungsmethoden und der Art der Einspeicherung auf die Beschaffenheit der Körner.

Die nachfolgenden Untersuchungen beschäftigen sich mit den Bedingungen für die Trocknung und den Wirkungen, welche hierdurch auf die Keimfähigkeit des Getreides, vornehmlich der Gerste, ausgeübt werden. Dabei war es notwendig, auch die natürlichen und die künstlich gesteigerten Änderungen des Wassergehalts zu verfolgen und Getreide in verschiedenen Stadien der physiologischen und

der Keimungsreife zu verwenden. Im Verlauf der Arbeit ergab sich auch Gelegenheit, auf die Verhältnisse bei der natürlichen Trocknung Rücksicht zu nehmen und die verschiedenen Methoden der Lagerung der Rohfrucht in den Bereich der Untersuchung zu ziehen. — Auf die Verwendung zuverlässiger Arbeitsmethoden wurde ein ganz besonderes Augenmerk gerichtet.

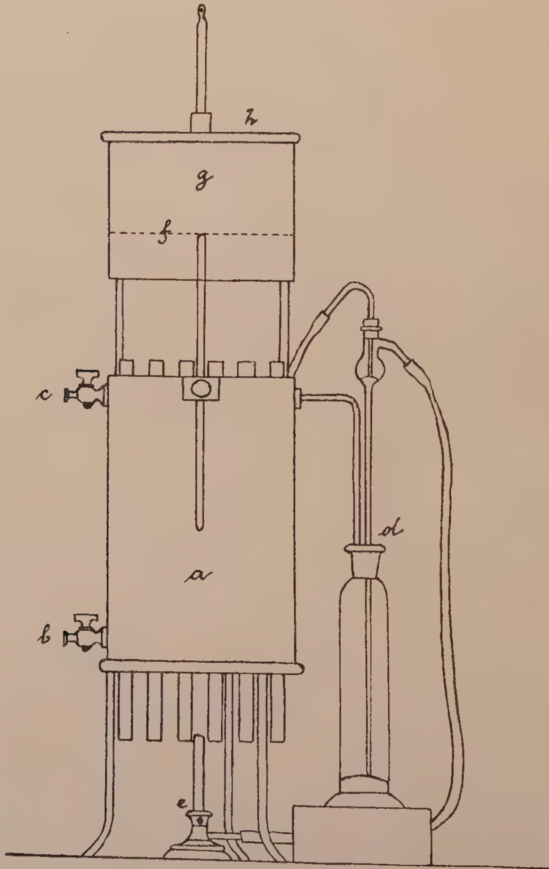
I. Die Untersuchungsmethoden.

A. Die Trocknung bei höheren Temperaturen.

Die von früheren Versuchsanstellern angewandten Trocknungsapparate waren, soweit hierüber überhaupt Beschreibungen vorliegen, entweder Luft- oder Wasserbäder, in welchen die Samen in Eprouvetten oder in flachen Schalen, bei einzelnen auch in Gefäßen aus Drahtgewebe (A. Müller) der Wirkung der höheren Temperatur ausgesetzt wurden. Von den beschriebenen Versuchsanordnungen konnte keine zur Nachahmung reizen, da sie entweder zu erheblichen methodischen Fehlern hinsichtlich der Temperaturverteilung und der Verdrängung des Wasserdampfes aus den Körnern Veranlassung bieten, oder weil sie nicht erlaubten, Trocknungsbedingungen zu schaffen, die den Verhältnissen in der Praxis der Getreidetrocknung einigermaßen nahekommen. Dagegen stand dem Versuchsansteller ein Apparat zur Verfügung, der nach seiner ganzen Bauart für den gedachten Zweck vorzüglich geeignet erschien, nämlich eine Darre, die von K. Ulsch für Laboratoriumsmälzungsversuche konstruiert wurde. Die Darre ist in der „Zeitschrift für das gesamte Brauwesen", 1895, beschrieben wie folgt:

Der Heizapparat besteht aus einem zylindrischen Kupferkessel a, welcher in der Richtung der Zylinderachse von 30 dünnwandigen, 1,5 cm weiten Messingröhren in gleichmäßiger Verteilung durchzogen ist. Diese Röhren (in der Zeichnung sind deren nur sechs angedeutet) ragen oben 1,5, unten 7 cm hervor; ihre Anordnung ist so, daß die Mitte des unteren Zylinderbodens für die Wirkung der Heizflamme frei bleibt. Der Zylinder ist mit zwei Hähnen b und c für den Wasser- und Dampfraum armiert. Auf der entgegengesetzten Seite ist die von mir angegebene Reguliervorrichtung d angebracht, welche mit dem Gasbrenner e in Verbindung

steht und Druck und Temperatur im Kessel selbsttätig und mit vollkommenster Sicherheit konstant erhält. Der Brenner e ist so aufgestellt, daß seine Mündung etwas höher liegt, als das untere Ende der messingenen Heizröhren. Die Darrhorde besteht aus einem ziemlich grobmaschigen Messingdrahtnetz f, welches mittels eines



Blechstreifens in den beiderseits offenen Zylinder g eingepaßt ist. Der Deckel h ist mit 30 Löchern von je 5 mm Weite und mit einer Tubulierung zur Aufnahme des Thermometers versehen; es wird erst gegen das Ende des Darrprozesses aufgesetzt und dient zur Verminderung der passierenden Luftmenge. Um die Horde in be-

liebiger Höhe feststellen zu können, sind am Zylinder f drei nach abwärts gerichtete Messingstäbe befestigt, welche durch drei am Zylinder a angebrachte, senkrecht durchbohrte Messingkloben geführt werden. Diese Kloben sind mit Stellschrauben versehen, so daß der Horde beliebiger Abstand von der Mündung des Heizapparates gegeben werden kann. Die Darre ist für Vermälzung von 500 g Gerste berechnet.

Die Inbetriebsetzung der Darre geschieht in folgender Weise: Man öffnet die Hähne b und c und läßt durch b soviel Wasser eintreten, daß der Kessel etwa zum dritten Teil gefüllt wird. Hierauf wird b geschlossen und das Wasser durch den einfachen Bunsenbrenner e zum Kochen gebracht. Nachdem man während einiger Minuten durch c hat Dampf ausströmen lassen, schließt man auch diesen Hahn. Durch den nun zunehmenden Dampfdruck wird das Quecksilber im Manometer d in die Höhe getrieben, bis die Vorrichtung für die Regulierung des Gaszuflusses in Tätigkeit tritt; nun erhält sich Druck und Temperatur im Kessel und damit auch die Temperatur der in den Heizröhren aufsteigenden erhitzten Luft konstant, wobei — vollkommenen Schluß der Hähne vorausgesetzt — kein Tropfen Wasser aus dem Kessel verdampft. Die Temperatur in a liegt natürlich über dem Siedepunkt des Wassers umsomehr, je größere Länge man dem Steigrohre d gibt.

Für die Wahl dieser Darre waren deren Vorzüge in der Handhabung maßgebend, und vor allem der Umstand, daß hier die Regulierung der Heizung und die Anwendung der verschiedenen Temperaturhöhen mit ebenso großer Einfachheit als Präzision durchzuführen ist. Insbesondere verdient hervorgehoben zu werden, daß die Heizflamme keinerlei Beaufsichtigung bedarf, und daß die anzuwendende Temperaturhöhe durch einmalige Einstellung der Trockenkapsel für jeden Versuch gewonnen wird und, wenn gewisse Vorsichtsmaßregeln getroffen werden, fast keinen Schwankungen während einer beliebig langen Versuchsdauer unterliegt. Ein weiterer Vorzug ist auch die Geräumigkeit der Darrkapsel und insbesondere deren große Bodenfläche, welche vollständig für den Versuch ausnützbar ist, weil alle Teilflächen genau den gleichen Temperaturverhältnissen ausgesetzt sind. Auch sind durch die Anordnung der Heizröhren, die Anwendung eines Gewebes für den Boden der Darre und die Durchbrechung des Deckels Bedingungen geschaffen, welche eine ausgiebige und auf dem ganzen Querschnitt

des Luftbades gleichmäßige Luftströmung ermöglichen. Die Bequemlichkeit der Tubulierung und der sonstigen Durchbrechungen des Deckels, welche eine thermometrische Kontrolle an allen Punkten des Darraumes erlauben, ist ebenfalls als ein Vorzug des Apparates zu erwähnen.

Die Eigentümlichkeiten des Trockenapparates wurden selbstverständlich, bevor die eigentliche Benützung für die mitzuteilenden Versuche begann, durch eingehende Vorversuche und unter Benützung geprüfter und verglichener Thermometer studiert. Im nachfolgenden sind die Resultate einiger Beobachtungen bei leerer Darre angeführt, welchen vorausgeschickt sei, daß das Wasser bei stets gleichmäßiger Füllung des Kessels auf etwa zwei Drittel seines Fassungsraumes und Anwendung der gleichen Heizflamme in 55—60 Minuten zu kochen anfing; fünf Minuten nach Beginn des Kochens wurde der Dampfhahn geschlossen, und nach weiteren 10—15 Minuten hatte der Druck im Kessel die durch die Länge des Manometerrohres bedingte Höhe erreicht, womit auch die Temperatur der die senkrechten Heizröhren verlassenden Luft auf ihr Maximum gekommen war. Bis die konstante Maximaltemperatur in der Darre erreicht war, verging etwa noch eine weitere Viertelstunde. Die Temperaturen sind alle in Celsiusgraden angegeben. **(Siehe nebenstehende Tabelle.)**

Die Zahlen zeigen, daß die aus den Heizröhren strömende Luft unmittelbar an der Austrittsstelle eine Höchsttemperatur von 105 ° erreicht. Diese Heizluft strömt bei tiefster Stellung der Darre, das heißt wenn die Darrtrommel unmittelbar auf dem Kessel aufsitzt, nahezu verlustlos durch den Darraum; die Maximaltemperatur auf der Horde beträgt in diesem Falle 98 °. Die Differenz zwischen dieser und der Temperatur der Röhrenluft ist auf Leitungs- und Strahlungsverlust zurückzuführen. Wird die Darre gehoben, so hat die Heizluft Gelegenheit zur horizontalen Verbreitung, gleichzeitig reißt sie Zimmerluft mit, die sich mit ihr mischt. Je größer also der Abstand der Darrtrommel vom Heizkörper wird, desto mehr wird die in die Darre einströmende Luft unter dem Einfluß der mitgerissenen Zimmerluft stehen. Und je kälter diese ist, desto stärker wird die Heizluft abgekühlt. Die in einer gewissen Höhe über dem Heizkörper herrschende Temperatur ist also abhängig vom Abstand zwischen der oberen Mündung der Heizröhren und dem Beobachtungspunkt, sowie von der Höhe der Zimmertemperatur. Die

Lauf. Nr.	Ort der Temperaturmessung	Hebung der Darre (cm über dem Heizkörper)	Zimmerwärme ° C.	Abgelesene Temperaturen (°C.) nach Minuten						
				0	15	30	45	60	75	90
1	Obere Mündung der Heizröhren	—	16	16	33	51	82	96	105	105
2	$3^1/_2$ cm höher . . .	—	17	17	41	55	63	78	86	86
3	10 cm höher	—	17	17	29	42	52	59	70	70
4	Auf der Darrhorde	0	17	17	32	45	60	87	98	98
	3 cm über der Horde	0	17	17	29	40	56	85	94	97
5	Auf der Darrhorde .	10	17	17	35	45	51	63	74	74
	3 cm über der Horde	10	17	17	31	41	45	63	69	72
6	Auf der Darrhorde .	15	17	17	27	38	48	59	63	64
	3 cm über der Horde	15	17	17	26	37	47	56	60	63
7	Auf der Darrhorde	25	17	17	27	34	42	47	54	54
	3 cm über der Horde	25	17	17	26	33	41	46	53	54

niedrigeren Temperaturen in der Darre, die durch eine entsprechend größere Entfernung der Horde vom Heizkörper eingestellt werden, folgen deshalb auch den Schwankungen der Zimmerwärme, während dieser Einfluß bei niedrig gestellter Darre innerhalb gewisser Grenzen fast wegfällt. Diesem Umstand wurde bei der Ausführung der eigentlichen Untersuchung dadurch Rechnung getragen, daß auf eine möglichst gleichmäßige Zimmertemperatur in der Höhe von 16—20 ⁰ C. gesehen wurde; damit wurde gleichzeitig der von der Ausstrahlung der warmen Trockenkapsel gegen die kältere Umgebung herrührende Wärmeverlust auf ungefähr gleichmäßiger Höhe gehalten, so daß eine auf der Ausstrahlung beruhende Differenz ausgeschaltet ist. Die vorstehende Tabelle zeigt weiter, daß die Temperaturen auf der Darrhorde mit der durch deren Entfernung vom Heizkörper, welche auch beim tiefsten Stand 3½ cm beträgt, bedingten Abschwächung der Erwärmung der Heizluft ziemlich regelmäßig folgen; und daß aber in einer Höhe 3 cm über der

Darrhorde eine durchschnittlich etwas niedrigere Temperatur herrscht, als unmittelbar auf dem Bodengewebe der Trockenkapsel. Das war bei den Trocknungsversuchen zu berücksichtigen. In gleicher Höhe herrscht aber auf den verschiedenen Querschnittspunkten der Trockenkapsel stets die nämliche Temperatur, wovon man sich durch oft wiederholte Messungen überzeugte.

Es ist noch mitzuteilen, daß nur die Temperaturen zwischen 50 und 98 ⁰ sich ohne weiteres durch Verschiebung der Darrhorde einstellen lassen. Niedrigere Wärmegrade zwischen der Temperatur der Zimmerluft und 50 ⁰ C. können dadurch erzielt werden, daß man bei höchster Stellung die Heizröhren zum Teil mit Korkstopfen verschließt, und zwischen die Trockenkapsel und den Heizkörper verschiedene Schirme (Glas, Pappe und Filz) einschaltet. Auch hier wurden durch Vorversuche die zweckmäßigsten Methoden der Temperaturabschwächung festgestellt.

Wie sich aus Vorstehendem ergibt, näherten sich die mit diesem Apparate unternommenen Versuchsanstellungen insofern den für die Getreidetrocknung im großen maßgebenden Verhältnissen, als die Samen immer mit dem natürlichen Feuchtigkeitsgehalt zur Trocknung kamen, als sie weder vorgetrocknet, noch durch künstliche Benetzung feuchter gemacht waren. Die angewendeten Trocknungstemperaturen und Trocknungszeiten liegen innerhalb der für praktische Zwecke zulässigen und ökonomischen Grenzen; ebenso entspricht solchen Gesichtspunkten die Einfachheit der Trocknungsmethode: erwärmte, gewöhnliche Zimmerluft, ohne Entfeuchtung selbsttätig zutretend; selbsttätige Luftströmung zur endgültigen Entfernung des Wasserdampfes aus dem Trockenraum; keine Luftverdünnung, keine Absorptionsmittel für Wasserdampf.

B. Die Bestimmung des Wassergehaltes der Körner.

Der Zweck der angestellten Versuche verlangte auch eine ständige Kontrolle über die Veränderungen im Wassergehalt der Körner; es war deshalb bei jedem Versuch der ursprüngliche Feuchtigkeitsgehalt der Samen und der Wasserverlust durch die Trocknung festzustellen. Während im ersteren Falle die direkte Wasserbestimmung nicht zu umgehen ist, liegt es nahe, für die Feststellung des Wasserverlustes durch die Trocknung einfach die dadurch entstehende Gewichtsdifferenz zu benützen und entsprechend umzurechnen. Verschiedene Forscher (Alex. Müller, E. Wollny, J. F.

Hoffmann) haben auch diese Methode angewandt; es ist aber festzustellen, daß sie gewisse Ungenauigkeiten bergen kann. Denn die Verluste bei der Trocknung müssen ja nicht bloß in Wasser bestehen, sondern auch in anhaftendem Staub und festen Teilen der Samen, die durch den Luftstrom weggetragen werden, oder sonst zu Verlust geraten können. Insbesondere ist bei bespelzten Früchten eine teilweise Abblätterung der Spelzen infolge der Austrocknung sehr leicht möglich; und in der Tat waren beim Gebrauch des vorbeschriebenen Trockenapparates stets derartige abgestoßene Spelzen- und Grannenfragmente auf dem Heizkessel zu sehen, die durch den Siebboden der Darrkapsel gefallen waren. Wenn man nun sehr wenig Trockengut hat, so können derartige Verluste unter Umständen von Bedeutung sein.

In seiner Abhandlung über „Die Wasserbestimmung in Körnerfrüchten“ („Wochenschrift für Brauerei“, 1899, Nr. 44—46) schlägt J. F. Hoffmann vor, nach Ausführung einer einzigen direkten Wasserbestimmung die Veränderungen im Wassergehalt an der Hand der Veränderungen des 1000-Körnergewichtes festzustellen. Da dieser sogenannten „Methode der relativen Wasserbestimmung“ gewichtige Bedenken entgegenstanden, wurde bei einigen Trocknungsversuchen die Veränderungen des 1000-Körnergewichtes und außerdem die Wassergehalte direkt bestimmt. Nachfolgend sind die erhaltenen Zahlen aufgeführt: (Siehe nächste Seite oben.)

Das Ergebnis war also, wie nicht anders zu erwarten, daß die Methode nicht brauchbar ist. Die Ursachen der Differenzen zwischen dem wirklichen und dem aus den Veränderungen des absoluten Korngewichts berechneten Wassergehalt sind leicht aufzufinden. Zunächst haben die ausgetrockneten Körner während der etwas langwierigen Manipulation des Zählens Gelegenheit, aus der Luft wieder Feuchtigkeit anzunehmen; geschieht das Zählen mit der Hand, so dürfte die Feuchtigkeit der Finger wohl auch nicht einflußlos sein. Daraus erklären sich zum Teil wohl die Abweichungen in den Fällen, in welchen die Berechnung einen höheren Wassergehalt ergibt, als wirklich vorhanden, während die früher erwähnten substanziellen Verluste der Körner bei Verwendung des beschriebenen Trockenapparates das Gewicht derselben mehr herabdrücken mußten, als dem Wasserverlust entspricht. Beim Zählen mit besonderen Apparaten, auch mit der von Hoffmann empfohlenen Zählplatte, muß man immer etwas vorsichtig sein aus

Lfd. Nr.	Trocknungsmethode	1000 Körner wiegen g	Berechneter Wassergehalt %*)	Wirklicher Wassergehalt %
	I. Fränkische Gerste.			
1	Lufttrocken	45,64	—	15,97
2	getrocknet 1 Stunde bei 84° . .	41,40	7,35	8,78
3	„ 1 Stunde „ 74° . .	42,96	10,71	9,70
4	„ 2 Stunden „ 74° . .	42,08	8,85	8,41
5	„ 2 Stunden „ 64° . .	42,68	10,24	9,44
6	„ 3 Stunden „ 64° . .	42,18	9,06	8,64
7	„ 2 Stunden „ 20—97°	41,22	6,95	7,13
8	„ 2 Stunden „ 20—84°	41,58	7,74	8,42
9	„ 2 Stunden „ 20—73°	42,54	9,83	9,47
	II. Sommerroggen.			
10	Lufttrocken	26,01	—	13,97
11	getrocknet 1 Stunde bei 84° . .	23,84	6,12	7,70
12	„ 2 Stunden „ 74° . .	23,66	5,41	8,87
13	„ 3 Stunden „ 74° . .	22,92	2,20	6,83
14	„ 2 Stunden „ 64° . .	23,44	4,51	9,11
15	„ 3 Stunden „ 64° . .	23,60	5,17	8,16
16	„ 5 Stunden „ 64° . .	22,92	2,20	7,09
17	„ 14 Stunden „ 33° . .	24,00	6,57	9,12
18	„ 2 Stunden „ 18—84°	23,40	4,36	8,11
19	„ 2 Stunden „ 18—73°	22,90	2,27	8,75

Gründen, die hier nicht zu erörtern sind**); außerdem sind alle bekannten Kornzähler hauptsächlich nur für Gerste konstruiert und brauchbar. Ferner ist die Probenziehung für die 1000-Körner-

*) Berechnet aus den Veränderungen des 1000-Korngewichts.

**) Vergleiche hierzu meine Untersuchung: „Versuche über verschiedene Kornzählmethoden". (Zeitschr. f. d. gesamte Brauwesen, 1906, Nr. 2 u. 3.)

gewichtsbestimmung doch immerhin von vielen Zufälligkeiten abhängig, und es ist bekannt, daß selten eine Anzahl gut vorbereiteter Durchschnittsproben aus demselben Haufen die gleichen Verhältnisse zeigen. Um eine wirklich gute Durchschnittsprobe zu erhalten, muß man viel Zeit auf das Mischen und Probenziehen verwenden; wie wäre das aber möglich bei getrockneten Körnern, die in jedem Moment an Gewicht zunehmen und daher rasches Arbeiten verlangen? Von Irrungen beim Zählen, von der Möglichkeit oder vielmehr Unmöglichkeit, verletzte und gesprungene Körner richtig einzureihen und anderen Nebenumständen, die zu Täuschungen veranlassen können, soll gar nicht gesprochen werden. Auf diese Fehlerquellen ist es zurückzuführen, daß diese Art der Berechnung meist falsche und häufig ganz unmögliche Zahlen für die Veränderungen des Wassergehalts ergibt.

Unter diesen Umständen bleibt nichts übrig, als direkte Wasserbestimmungen zu machen. Das erfordert zwar viel Zeit, auch genaues Arbeiten, führt aber zu sicheren Resultaten. Aber auch hier sind Schwierigkeiten zu überwinden; denn die Mehrzahl der gebräuchlichen Trockenapparate läßt erhebliche Mängel erkennen, wie auch Hoffmann in seiner oben zitierten Arbeit nachweist. Insbesondere die meist ungenügende Regulierbarkeit von Wärme und Luftzug erschwert die Trocknung von Kornschrot, das unter 100° sein Wasser nicht völlig abgibt und Neigung zur Zersetzung und Karamelisierung zeigt, wenn die Temperatur über 105° steigt; bei zu geringem Luftwechsel zu langsam trocknet, während bei starkem Zug leicht feine Teilchen mitgerissen werden. Von den bekannten Trockenapparaten schienen nur der von Soxhlet konstruierte und der von Ulsch angegebene allen Wünschen zu entsprechen, und da der letztere zur Verfügung stand, so ist er zu den sämtlichen Wasserbestimmungen benützt worden. Da über den Ulsch'schen Trockenapparat in der Literatur berichtet ist („Chemikerzeitung", 1895, 19, Nr. 51), so sei hier nur angegeben, daß die Trocknung in Nickelschiffchen mit halbkreisförmigem Querschnitt erfolgt, die in selbstventilierende Trockenröhren eingeschoben werden. Die Temperaturregulierung erfolgt in derselben Weise, wie bei der früher beschriebenen Darre durch einen Manometerregulator, der mit dem Dampfraum des Trockenschranks in Verbindung steht. Die Trocknung erfolgt verhältnismäßig rasch, da die über die Schiffchen streichende Luft auf zirka 100° vorgewärmt ist, während die Wan-

dungen der Trockenröhren auf 105 ° erhitzt sind. Da jedes Schiffchen in einer besonderen Röhre liegt, und alle Röhren genau die gleichen Erwärmungs- und Luftströmungsverhältnisse haben, so erfolgt die Trocknung nahezu absolut gleichmäßig, und die Parallelbestimmungen weisen in der Regel nur Differenzen von unter $^1/_{10}$ % auf. Jede Wasserbestimmung wurde mit je 5—6 g geschroteter Substanz und zur Kontrolle von Wägungsfehlern doppelt ausgeführt. Die Trocknung wurde als vollendet angesehen, wenn zwei mit halbstündigem Zwischenraum aufeinanderfolgende Wägungen keine weitere Gewichtsabnahme der Trockenmasse mehr feststellen ließen. Vor der Wägung wurden die Schiffchen bedeckt, und im Exsikkator über Schwefelsäure abgekühlt. Waren die Körner zu feucht, um sich schroten zu lassen, dann wurden sie bei 40—60 ° vorgetrocknet. Wenn eine Vortrocknung notwendig ist, so ist die Berechnung der absoluten Trockensubstanz, ausgedrückt in Prozenten des Gesamtgewichts, etwas umständlich, und verleitet nicht selten zu Rechenfehlern. Dies wird besonders unbequem gefunden, wenn rasch eine größere Anzahl von solchen Berechnungen zu machen ist, und wenn alle Bestimmungen doppelt ausgeführt sind. In den bekannten Handbüchern der agrikulturchemischen Untersuchungsmethoden (besonders König, „Anleitung zur Untersuchung landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe", 1898, S. 235) ist der Gang der Berechnung in Worten ausgeführt und an Beispielen erläutert; eine kurze Formel für diese in jedem Laboratorium so häufig notwendige Berechnungsweise findet sich aber nirgends. Deshalb sei die für die Zwecke der vorliegenden Untersuchungen aufgestellte Gleichung angegeben, da sie zu einer sehr bequemen und einfachen Berechnungsformel führt. Bezeichnet a_1 die Menge frischer Körner, b_1 die daraus erhaltene vorgetrocknete Substanzmenge, a_2 die zur vollständigen Austrocknung in dem Trockenschiffchen abgewogene Menge Schrot und b_2 die daraus erhaltene Trockensubstanz, so ist

$$a_1 : b_1 = y : a_2$$
$$y : b_2 = 100 : x$$

$$y = \frac{a_1 \cdot a_2}{b_1}$$

$$\frac{a_1 \cdot a_2}{b_1} : b_2 = 100 : x$$ wobei x den prozentischen Trockensubstanzgehalt der frischen Substanz angibt.

Und da häufig die Vertrocknung und immer die endgültige Austrocknung doppelt ausgeführt wurde, so wurde die Gleichung aufgelöst

$$x = 100 \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{b_2}{a_2}$$

wobei dann $\frac{b_1}{a_1}$ und $\frac{b_2}{a_2}$ für jede Parallelbestimmung getrennt berechnet werden können.

Ein Versuch wurde als beweiskräftig angesehen, wenn die Differenzen in zwei parallelen Wasserbestimmungen über $^1/_2$ $^0/_0$ nicht hinausgingen; im anderen Falle wiederholt, oder wenn eine Wiederholung nicht möglich war, fallen gelassen.

C. Die Methode des Keimversuchs.

Für die nachfolgend mitzuteilenden Keimversuche standen die längst bekannten und bewährten Methoden der Versuchsanstellung zur Auswahl, welche insbesondere der praktischen Tätigkeit der Samenkontrollstationen zu verdanken sind. Konnte somit von der Ausbildung einer eigenen Methode abgesehen werden, so war doch eine Beobachtung von L. Just (mitgeteilt auf der 47. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Breslau 1878) zu berücksichtigen, nach welcher Samen, die bei hohen Temperaturen (+ 100⁰) getrocknet waren, noch keimten, wenn ihnen Gelegenheit zur langsamen Wasseraufnahme gegeben wurde; dagegen verdarben, wenn sie schnell mit viel Feuchtigkeit in Berührung kamen. Auch sonst war neuerdings auf die Bedeutung der Feuchtigkeit des Keimbettes für den Verlauf der Keimung hingewiesen worden, so durch H. Briem für Rübensaat; ferner durch W. Kinzel (Landw. Versuchsstationen 51, 1899), der bei vorgequellten Samen Keimungsenergie und Keimfähigkeit von der Menge der Feuchtigkeit im Keimbett beeinflußt fand. Auch H. Will („Zeitschrift f. d. ges. Brauwesen", 1899, Nr. 25) stellte diesbezügliche Versuche an, welche für vorgequellte, wie für trocken eingelegte Samen ergeben, wie sehr besonders die Keimungsenergie vom Wassergehalt des Keimbetts abhänge. Solche Erfahrungen verlangten eine

Prüfung dieser Frage; es wurden daher folgende Versuche angestellt:

Feiner weißer Sand, der aus nahezu chemisch reinem Quarz bestand, wurde in runde Porzellanschalen mit ebenem Boden von 13½ cm Durchmesser und 2½ cm Tiefe eingefüllt und zwar in jede Schale 200 g, wodurch diese nicht ganz voll wurde. Um die beizufügende Menge Wassers in ein bestimmtes Verhältnis zu den physikalischen Eigenschaften des Sandes zu setzen, wurde dessen größte Wasserkapazität nach der von Wollny („Forschungen auf dem Gebiet der Agrikultur-Physik“, Bd. VIII, S. 194) angegebenen Methode bestimmt. Im Mittel von 17 Bestimmungen ergab sich dafür bei einer Latitude von 1 % ein Wert von rund 24 (genau 23,72) Gewichtsprozenten. Um nun festzustellen, bei welchem Feuchtigkeitsgehalt des Keimbetts die Keimung am rascheſten und besten vor sich gehe, sollten dem Sande verschiedene Mengen von destilliertem Wasser zugesetzt werden, von 40 % der vollen Sättigung an aufwärts. Da aber geringere Wassermengen sich in dem Sande absolut nicht gleichmäßig verteilen ließen, sondern die einzelnen Wassertropfen nur kleine Bezirke durchfeuchteten, während die weitere Umgebung trocken blieb, so wurde das Gewicht jeder Schale mit dem trockenen Sande bestimmt, und berechnet, wie hoch sich dasselbe bei Zusatz der für jeden Versuch festgesetzten Feuchtigkeitsmenge belaufen würde. Sodann wurde in jede Schale soviel destilliertes Wasser gegeben, bis der Sand gleichmäßig durchfeuchtet war, und eine Wasserschicht über der Oberfläche stand. Der Wasserüberschuß wurde bei mäßiger Temperatur auf dem Sandbad wieder abgedampft, bis das verminderte Gewicht den gewünschten Feuchtigkeitsgehalt angab. In so vorbereiteter Schale wurden 100 Körner, gleichmäßig über die gesamte Oberfläche verteilt, mit dem Keimling nach unten in den Sand eingedrückt, und zwar so tief, daß die oben freiliegende Kornfläche im Niveau des Sandbettes lag. Darnach wurden, um die Wasserverdunstung möglichst herabzudrücken, die Schalen mit Glasplatten zugedeckt und zur Keimung aufgestellt. Als Versuchsmaterial diente englischer Weizen, dessen Keimfähigkeit zum Vergleich auch in Filtrierpapier geprüft wurde. Nachfolgend sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt:

Nr.	Beschaffenheit des Keimbetts	Wassergehalt des Keimbetts	Gekeimt nach					
			1 Tag	2 Tagen	3 Tagen	5 Tagen	10 Tagen	%
1 a	Sand	125 %*)	50	99	100	—	—	
b	"		61	97	100	—	—	
2 a	"	100 %	54	98	99	—	—	
b	"		62	98	100	—	—	
3 a	"	90 %	59	100	—	—	—	
b	"		53	100	—	—	—	
4 a	"	80 %	58	99	100	—	—	
b	"		53	96	98	100	—	
5 a	"	70 %	66	95	98	99	—	
b	"		55	99	100	—	—	
6 a	"	60 %	65	97	98	100	—	
b	"		71	98	99	—	—	
7 a	"	50 %	64	99	100	—	—	
b	"		73	99	100	—	—	
8 a	"	40 %	42	75	95	99	—	
b	"		50	97	98	99	100	
9 a	Filtrier-	100 %	7,5	26,5	97,5	100	—	
b	papier		8,5	27,5	95	98,5	99,5	

*) **Prozente der größten Wasserkapazität.**

Die Zahlen zeigen, daß die Keimung bei den verschiedenen Wassergehalten im Sand ziemlich gleichmäßig verlief, nur beim geringsten Wassergehalt von 40 % zeigte sich eine merkliche Verzögerung des Keimprozesses. Auch in Papier ging die Keimung langsamer vonstatten.

Nachdem die Unterschiede den Abstufungen im Wassergehalt nicht entsprachen, wurden bei den folgenden Versuchen nur drei Stufen des Wassergehaltes genommen, nämlich 100, 66 und 33 % der vollen Sättigung. Und da sich die Sandkeimmethode als sehr zeitraubend erwies, so wurden diese Versuche auch mit angefeuchtetem Filtrierpapier gemacht, dessen Wasserkapazität ebenfalls durch eine Anzahl von Wägungen bestimmt worden war. Auch hier wurde durch Abdampfen des überflüssigen Wassers und Kontrolle

Nr.	Datum der Anstellung	Art und Vorbereitung der Samen	Art und Feuchtigkeitsgehalt (% der vollen Sättigung) des Keimbetts	Keimungsverlauf gekeimt nach a 3 d	a 10 d	b 3 d	b 10 d
	1900						
1	7. II.	Engl. Weizen, ohne Vorbereitung	Sandbett, 100 %	99	100	98	99
			„ 66 %	99	100	99	100
			„ 33 %	91	97	89	100
2	5. III.	Fränkische Gerste, ohne Vorbereitung	Sandbett, 100 %	99	99	100	100
			„ 66 %	100	100	100	100
			„ 33 %	99	99	97	99
			Papier, 100 %	100	100	100	100
			„ 66 %	100	100	99	99
			„ 33 %	100	100	97	100
3	6. III.	Fränkische Gerste, getrocknet bei einer von 42—90° innerhalb 2 h steigenden Temperatur	Sandbett, 100 %	78	99	78	95
			„ 66 %	83	98	79	99
			„ 33 %	72	100	78	99
			Papier, 100 %	69	98	76	100
			„ 66 %	63	100	64	98
			„ 33 %	40	87	58	94
4	7. III.	Fränkische Gerste, getrocknet 1 h bei 94—98° C.	Sandbett, 100 %	0	0	0	0
			„ 66 %	0	0	0	0
			„ 33 %	0	2	0	1
			Papier, 100 %	0	1	0	2
			„ 66 %	0	0	0	0
			„ 33 %	0	1	0	2
5	14. III.	Fränkische Gerste, getrocknet bei 80—86° 1 h lang	Papier, 100 %	17	89	15	85
			„ 66 %	7	91	11	87
			„ 33 %	9	93	7	83
6	17. III.	Fränkische Gerste, getrocknet bei 69 bis 73° C. 1 h lang	Papier, 100 %	92	100	85	100
			„ 66 %	86	98	86	100
			„ 33 %	82	100	86	100
7	20. III.	Fränkische Gerste, getrocknet bei 69 bis 73° C. 2 h lang	Papier, 100 %	57	100	67	100
			„ 66 %	52	99	63	100
			„ 33 %	51	100	44	97
8	22. III.	Fränkische Gerste, getrocknet bei 59 bis 63° 2 h lang	Papier, 100 %	83	99	91	100
			„ 66 %	82	100	92	100
			„ 33 %	72	100	71	100

mittels der Wage der gewünschte Feuchtigkeitsgehalt hergestellt. Die Sandschalen und die Glasplatten wurden, da ein Thermostat in der erforderlichen Größe nicht zur Verfügung stand, auf ein an der Wand stehendes Regal gestellt, das auch nach vorne durch einen übergreifenden, abhebbaren Deckel geschlossen war. Durch entsprechende Regelung der Heizung wurde die Wärme des Raumes, in dem die Versuche gemacht wurden, stets auf einer Temperatur von 16—20 ⁰ gehalten. Um die Verdunstung von Wasser aus den Keimbetten möglichst herabzudrücken, wurden eine große Anzahl flacher Schalen mit Wasser dazwischen und unter das Regal gestellt. Da aber trotzdem die Papierbetten austrockneten, wurden sie am fünften Tage mit je 10 ccm Wasser gleichmäßig bespritzt. Als Versuchsmaterial diente der nämliche Weizen wie oben und eine fränkische Landgerste. (Siehe nebenstehende Tabelle.)

Die Zahlen zeigen, daß bei trockenem Keimbett die Keimung langsamer vonstatten geht; im Endresultat, nach zehntägiger Keimdauer, sind fast keine Unterschiede vorhanden. Jedenfalls beweisen die Versuche, daß auch bei getrockneten Körnern die geringere Feuchtigkeit des Keimbetts die Keimung nicht begünstigt, gegenüber der vollen Sättigung der Unterlage. Das Resultat kann nicht überraschen, wenn man bedenkt, daß bei den gewählten Keimbetten der Übergang des Wassers in die Körner ohnedies nur ein äußerst langsamer sein kann, nachdem diese ja, besonders beim Papierkeimbett, nicht allseitig von feuchtem Medium umschlossen sind, und das Wasser auch bei voller Sättigung in feiner Verteilung vorhanden ist. In späteren Versuchen hat übrigens L. Just („Cohns Beiträge zur Biologie", II., S. 338) erfahren, daß die Schnelligkeit der Wasserzufuhr nicht den Einfluß hat, wie er früher angenommen hatte. Zu dem gleichen Resultate ist auch F. von Höhnel gekommen (Haberlandt, „Wiss.-Prakt. Untersuchungen", II.) Ein Vergleich der verschiedenen Resultate fällt bei getrocknetem wie frischem Versuchsmaterial unbedingt zugunsten des vollgesättigten Papierkeimbetts aus. Dessen Anwendung ist leicht und einfach, und die Kontrolle bequem und sicher auszuführen, da die Samen hier übersichtlich und offen aufliegen. Die Durchlüftung dieses Keimbetts und die Feuchterhaltung macht keine Schwierigkeiten. Auch andere haben die großen Vorzüge des Papierkeimbetts voll anerkannt, wie zum Beispiel Wollny, der in seinem Buch: „Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kultur-

pflanzen", 1895, S. 227 sagt, daß die Keimung zwischen angefeuchtetem Filtrierpapier rasch und vollständig verläuft und nichts zu wünschen übrig läßt, vorausgesetzt, daß die Abtrocknung durch entsprechende Vorkehrungen verhütet wird.

So wurden nun die folgenden Keimversuche in der Weise ausgeführt, daß für jeden Einzelversuch je 100 tadellose, das heißt unverletzte, gesund aussehende Körner abgezählt und zwischen mehrfach zusammengelegtes, feuchtes Filtrierpapier ohne Vorquellung in gleichmäßiger Verteilung eingelegt wurden. Die Sättigung des Filtrierpapieres mit Wasser wurde in der Weise vorgenommen, daß die gefalzten Bögen in destilliertes Wasser solange eingelegt wurden, bis sie völlig durchtränkt waren, worauf sie, um das überschüssige, den Flächen adhärierende Wasser zu entfernen, einzeln je eine Viertelstunde mit einer Glasplatte vertikal aufgestellt wurden, wobei der Überschuß abtropfte. Dieses Papier wurde dann zwischen zwei Glasplatten gelegt, deren Ränder über die Papierfläche vorstanden. Die einzelnen vollständigen Keimplatten wurden sodann auf dem obenerwähnten Regal zur Keimung bei möglichst gleichmäßiger Zimmertemperatur (16—20 ° C.) aufgestellt.

Jeder Keimversuch wurde entweder vierfach mit je 100, oder zweifach mit je 200 Körnern ausgeführt, und nur dann als beweiskräftig angesehen, wenn die Latituden in den Ergebnissen der Parallelversuche 10 % nicht überstiegen. In den Fällen, wo nur wenig Versuchsmaterial zur Verfügung stand, mußte man sich auch mit einem Doppelversuch mit je 100 Körnern begnügen. Als „gekeimt" wurden die Körner bezeichnet, wenn die Würzelchen, beziehungsweise die Wurzelscheide, oder in abnormen Fällen die Plumula, durch die Frucht und Samenschale beziehungsweise die Spelzen gebrochen waren. Dieser Moment ist morphologisch scharf genug charakterisiert, um Täuschungen auszuschließen, und kennzeichnet physiologisch zweifellos den Eintritt der Keimung, liegt also unbedingt jenseits der Grenze, welche Quellung und Keimung scheidet. Den Eintritt der Keimung anders festzustellen, etwa dadurch, daß, wie von anderen Versuchsanstellern, eine gewisse Länge der Würzelchen der Konstatierung zugrunde gelegt wurde, war schon deshalb nicht angängig, weil in vielen Fällen die Keimung eben nicht normal verläuft, indem zum Beispiel die Plumula früher durchbricht, als die Würzelchen. Und abgesehen davon sind andere Methoden zur Feststellung eines vergleichbaren Keimstadiums

umständlicher, als die hier angewandte, und verleiten nicht selten zu Irrungen, die hier so gut wie ausgeschlossen sind.

Als Merkmale für die Keimkraft eines Samens werden in der Regel die Raschheit der Keimung und Menge der insgesamt, beziehungsweise bis zu einem gewissen Zeitpunkt keimenden Körner betrachtet. In den vorliegenden Versuchen wurde der Fortschritt der Keimung in der Regel, und besonders in der Zeit, in welcher die Mehrzahl der Samen keimte, täglich beobachtet und notiert; die Berichterstattung beschränkt sich natürlich auf gewisse Zeitabschnitte, deren Intervalle sich eben aus dem besonderen Keimverlauf ergeben. Als abgeschlossen wurde bei der Mehrzahl der im Besitze der vollen Keimreife stehenden Samen die Keimung am zehnten Tage betrachtet, wenn nicht besondere Gründe eine weitere Beobachtung erforderten. Bei den frisch geernteten Körnern wurde die Beobachtungszeit entsprechend verlängert.

II. Die Untersuchungen.

A. Verlauf der Trocknung bei höherer Temperatur.

Nachdem der Gang der Temperatur im leeren Darrraum unter verschiedenen Verhältnissen bekannt war, mußte geprüft werden, welche Veränderungen sich bei Beschickung des Apparates mit Getreide einstellten. Denn von vornherein war anzunehmen, daß die durch die Trockenkapsel streichende, warme Luft sich abkühlen werde, indem sie an das kalte Getreide solange Wärme abgibt, bis dieses auf die Temperatur des Luftstromes gebracht ist. Und da mit der Erwärmung bei lufttrockenen oder feuchteren Körnern auch zugleich eine Austrocknung einhergeht, so war eine weitere Ursache zur Abkühlung der Heizluft gegeben. Zur Aufklärung über diese Verhältnisse sind von Alexander Müller klassische Versuche angestellt worden, über die in den Landwirtschaftlichen Versuchsstationen 1868, Band X, berichtet ist. Leider bekam ich diesen Bericht erst zu Gesicht, als die eigenen einschlägigen Versuche schon abgeschlossen waren, so daß ich die dortigen Ergebnisse bei der eigenen Untersuchung nicht mehr verwerten konnte. Aber nachdem A. Müller mit einem nach anderen Prinzipien konstruierten Luftbade bei absteigendem Luftstrom arbeitete, und vorwiegend Temperaturen von 100 ⁰ und darüber anwandte, während hier ein aufsteigender Luftstrom und niedrigere Wärmegrade Verwendung fanden, so rechtfertigt sich trotzdem eine Berichterstattung über die eigenen Versuche. Diese wurden in der Weise ausgeführt, daß die Temperatur der Darrhorde auf die ihrem jeweiligen Abstand vom Heizkörper entsprechende Maximalhöhe gebracht wurde. War diese konstant, so wurde das zu trocknende Getreide-(Gersten-)quantum, das die Temperatur der Zimmerluft besaß, auf die Horde geschüttet, und zwar in drei verschiedenen Mengen für jede Trocknungsmethode, nämlich 500, 150 und 40—50 g. Das letztere kleine Quantum wurde in einfacher Schicht auf dem Boden der Trockentrommel ausgebreitet, während die größeren Mengen mehrere Lagen bildeten. Von der Wandung der Kapsel blieben in diesen wie allen folgenden Versuchen die Körner, wenn sie nur in Mengen von 40—50 g eingegeben wurden, zirka ½ cm entfernt. Nach dem Einschütten der Körner wurde sofort der Deckel wieder auf die Trommel gesetzt und das Thermometer eingelegt. Da die Tem-

peratur auf der Darrhorde infolge des Einlegens der Körner zunächst sank, so wurde die erste Beobachtung zehn Minuten nach dem Einlegen gemacht. Als Versuchsmaterial zur Gewinnung der nachfolgenden Zahlen diente die gleiche lufttrockene Gerste mit einem Wassergehalt von rund 16 %; nur zu Versuch 10 wurde eine andere Sorte mit 15,06 % Wasser verwendet. (Siehe S. 40—41.)

Die mitgeteilten Zahlen lassen folgende Sätze ableiten:

1. Die Temperatur im Trockenraum erfährt bei allen Versuchen durch die Einlegung der Körner eine Erniedrigung, die umso beträchtlicher wird, je größer die Menge des Trockengutes ist.

2. Die Temperatur unmittelbar über den Körnern steht von Beginn der Trocknung an erheblich niedriger als auf der Darre; und zwar ist der Unterschied umso größer, je höher die zu trocknende Getreideschicht ist.

3. Mit fortschreitender Zeit steigt die Temperatur auf der Darre und über dem Getreide.

4. Die Temperaturzunahme erfolgt anfangs rascher und geht umso langsamer vor sich, je näher die Erwärmung an den bei der angewandten Trocknungsart möglichen Maximalbetrag kommt. Dies gilt, gleichgültig, ob die mögliche Maximaltemperatur höher oder tiefer gelegen ist.

5. Gleichzeitig verringert sich die Differenz zwischen den Temperaturen unterhalb und oberhalb des Trockenguts.

6. Je weniger Getreide die Trockenkapsel enthält, desto rascher wird unterhalb und oberhalb der Schicht die Maximaltemperatur erreicht. Dabei entspricht die Maximaltemperatur unterhalb der Schicht dem möglichen Höchstbetrag der Wärme für die betreffende Stellung der Horde, während die Temperatur oberhalb der Schicht stets etwas niedriger bleibt.

7. Ist die Maximaltemperatur auf der Horde erreicht, so steigt trotzdem noch die Temperatur über den Körnern, so daß die Temperaturunterschiede in den beiden Höhen mehr und mehr abnehmen.

Im Anschluß hieran sollen die durch die Erwärmung des Getreides bewirkten Veränderungen in dessen Wassergehalt gezeigt werden, wozu folgende Daten dienen mögen. (Siehe S. 42—43.)

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Hebung der Darre über dem Heizkörper cm	Erreichbare Maxim.-temperatur °C.	Trocknungsdauer Stunden	Gewicht des Darrguts g	Höhe der Schüttung	Wassergehalt der getrockneten Körner %	Zimmerwärme °C	Abgelesene 10 Minuten a	b	½ h a	b
1	G 3	0	98	1	40	1 Korn	7,24	17	94	90	97	94
2	G 15	0	98	1½	150	5 mm	6,64	18	72	60	93	87
3	G 16	0	98	4	500	21 mm	5,67	17	55	35	70	48
4	G 5	10 cm	74	1	40	1 Korn	9,70	17	69	65	71	68
5	G 6	10 cm	74	2	40	1 Korn	8,41	17	68½	65	71	68
6	G 17	10 cm	74	1½	150	5 mm	9,96	17	61	51	69	59
7	G 18	10 cm	74	7	500	21 mm	7,60	18	34	26	47	38
8	G 7	15 cm	64	2	40	1 Korn	9,44	18	59	54	61	55
9	G 19	15 cm	64	1½	150	5 mm	10,58	19	51	44	59	53
10	B 5	15 cm	64	6	500	21 mm	8,76	17	30	20	36	28
11	G 20	15 cm	64	7	500	21 mm	8,88	19	38	25	45	33
12	G 21	25 cm	54	1	40	1 Korn	11,66	18	50	48	53	50
13	G 22	25 cm	54	1	150	5 mm	12,49	18	46	39	50	45
14	G 23	25 cm	54	2	150	5 mm	11,14	17½	45	38	50	45
15	G 24	25 cm	54	7	500	21 mm	10,20	17	32	22	41	29

Temperaturen auf der Horde (a) und dem Niveau der Gerste (b) nach

1 h		$1\frac{1}{2}$ h		2 h		3 h		4 h		6 h		7 h	
a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
98	95												
97	91	98	92										
80	59	87	70	91	76	95	82	97	85				
73	71												
72	$70\frac{1}{2}$	74	72	74	72								
$71\frac{1}{2}$	63	$73\frac{1}{2}$	66										
54	43	58	45	60	48	$63\frac{1}{2}$	52	66	55	70	59	71	60
62	58	63	59	63	60								
62	58	64	60										
41	34	45	38	47	40	50	44	52	45	60	53		
49	37	52	40	54	42	57	45	59	48	$61\frac{1}{4}$	50	$61\frac{2}{8}$	52
54	52												
54	59												
54	48	54	49	54	49								
45	34	46	36	47	37	49	39	50	41	52	43	52	44

Nr.	Getreideart	Wassergehalt vor der Trocknung %	Menge des Trockengutes g	Wasser-			
				98°		84°	
				Dauer der Einwirkung h	Wasserverlust %	Dauer der Einwirkung h	Wasserverlust %
1	Gerste	16,0	500				
2	"	16,0	150	1 1/2	10,03		
3	"	16,0	500	2	8,06		
4	"	16,0	50	1	9,11		
5	"	16,0	50	1	9,11	1	7,47
6	"	16,0	50				
7	Sommerroggen	13,97	50				
8	"	13,97	50				
9	"	13,97	50				
10	Sommerweizen	18,85	50			1	11,03
11	"	18,85	50			2	12,48
12	Gerste	47,4	50				
13	"	46,35	50				
14	"	44,7	50				
15	"	43,8	50				
16	"	37,4	50				
17	"	35,2	50				
18	"	19,73	50				
19	"	17,75	50				
20	"	17,33	50				
21	"	16,5	50				
22	"	16,08	50				
23	"	15,58	50				
24	"	15,06	50				
25	"	14,23	50				
26	"	13,33	50				

verlust % bei den Maximaltemperaturen der Heizluft

74°		64°		54°		34°	
Dauer der Einwirkung h	Wasserverlust %	Dauer der Einwirkung h	Wasserverlust %	Dauer der Einwirkung h	Wasserverlust %	Dauer der Einwirkung h	Wasserverlust %
7	9,99	7	7,81	7	6,46		
$1^1/_2$	6,71	$1^1/_2$	5,45				
		6	6,98				
		3	7,07				
1	6,52	2	6,79	1	4,91		
2	7,84	3	7,61	3	6,46		
2	5,64	2	5,35				
3	7,66	3	6,33				
		5	7,41				
1	9,08	2	10,41				
2	11,23	3	11,16				
		2	37,38	4	39,23	14—16	40,49
		2	38,92	4	41,14	14—16	41,97
		2	37,97	4	36,89	14—16	38,56
		2	36,18	4	35,77	14—16	39,57
		2	29,88	4	30,80	14—16	29,17
		2	26,29	4	27,35	14—16	26,94
		2	12,60	4	12,73	14—16	10,01
		2	11,89	4	10,32	14—16	9,63
		2	8,86	4	7,50	14—16	6,70
		2	8,14	4	8,72	14—16	8,96
		2	8,34	4	8,38	14—16	8,30
		2	7,84	4	7,62	14—16	7,64
		2	7,41	4	7,01	14—16	7,41
		2	6,37	4	7,31	14—16	6,58
		2	5,79	4	6,07	14—16	5,71

Die Zahlen berechtigen zu folgenden Schlüssen:

1. Der Wasserverlust ist umso größer, je höher die angewandte Temperatur ist.

Beweis: 500 g Gerste verloren bei siebenstündiger Trocknung bei 74° 9,99%, bei 64° 7,81%, bei 54° 6,46%.

40—50 g Gerste verloren in einstündiger Trocknung bei 98° 9,11%, bei 84° 7,47%, bei 74° 6,52%, bei 54° 4,91% usw.

Die letztangeführten Zahlen zeigen auch, daß die Austrocknung in gleichem oder sogar beschleunigtem Verhältnis mit der Wärmesteigerung wächst.

2. Der Wasserverlust wächst auch mit der Austrocknungszeit.

Beweis: 500 g Gerste verloren bei 64° in 6 Stunden 6,98%, in 7 Stunden 7,81%.

40—50 g Gerste verloren:
bei 74° in 1 Stunde 6,52%, in 2 Stunden 7,84%;
„ 64° in 2 Stunden 6,79%, in 3 Stunden 7,61%;
„ 54° in 1 Stunde 4,91%, in 3 Stunden 6,46%.

40—50 g Sommerweizen verloren:
bei 84° in 1 Stunde 11,03%, in 2 Stunden 12,48%;
„ 74° in 1 Stunde 9,08%, in 2 Stunden 11,23%;
„ 64° in 2 Stunden 10,41%, in 3 Stunden 11,16%.

40—50 g Sommerroggen verloren:
bei 74° in 2 Stunden 5,64%, in 3 Stunden 7,66%;
„ 64° in 2 Stunden 5,35%, in 3 Stunden 6,33%;
in 5 Stunden 7,41%.

Der Wasserverlust wächst aber nicht im Verhältnis der Trocknungszeiten, sondern viel langsamer. Der Wasserverlust in der Zeiteinheit nimmt also mit der Dauer der Trocknung ständig ab.

So verlor Gerste, bei 74° getrocknet, in der ersten Stunde 6,52%, in der zweiten 1,32%; bei 64° getrocknet in der ersten und zweiten Stunde zusammen 6,79%; in der dritten 0,82%.

Sommerroggen, bei 64° getrocknet, verlor in den ersten beiden Stunden 5,35%; in der dritten Stunde 0,98%, in der vierten und fünften Stunde zusammen 1,08%.

Diese Gesetzmäßigkeit gilt für jede in den Versuchen angewandte Temperatur.

3. Um also die gleiche Austrocknung zu erzielen, muß, wenn die Temperatur verringert wird, die Trocknungszeit in viel größerem

Verhältnis verlängert werden. Umgekehrt kann eine Verkürzung der Trocknungszeit durch eine verhältnismäßig geringfügige Temperatursteigerung bewirkt werden.

So verlor lufttrockene Gerste in 1 Stunde bei 84° 7,47% Wasser,
in 2 Stunden bei 74° 7,84% „
in 3 Stunden bei 64° 7,61% Wasser;
Sommerroggen in 3 Stunden bei 74° 7,66%; bei 64° in 5 Stunden 7,41%;
Sommerweizen in 1 Stunde bei 84° 11,03%; bei 74° in 2 Stunden 11,23%, in 3 Stunden bei 64° 11,16%.

Dabei spielt der ursprüngliche Feuchtigkeitsgehalt der Frucht keine große Rolle, wie nachstehende Zahlen beweisen:
Gerste mit 44,7% Wasser verlor bei 64° in 2 Stunden 37,97%, bei 54° in 4 Stunden 36,89%, bei 34° in 14—16 Stunden 38,56%;
Gerste mit 37,4% Wasser verlor bei 64° in 2 Stunden 29,88%, bei 54° in 4 Stunden 30,80%, bei 34° in 14—16 Stunden 29,17%;
Gerste mit 16% Wasser verlor bei 64° in 2 Stunden 8,14%, bei 54° in 4 Stunden 8,72%, bei 34° in 14—16 Stunden 8,96%;
Gerste mit 13,3% Wasser verlor bei 64° in 2 Stunden 5,79%, bei 54° in 4 Stunden 6,07%, bei 34° in 14—16 Stunden 5,71%.

Also annähernd die gleichen Wasserverluste bei verhältnismäßig geringeren Temperatur- und großen Zeitunterschieden.

4. Doch scheint bei sehr wasserreichem Getreide der Einfluß der Trocknungstemperatur nicht so stark zu dominieren, gegenüber der Länge der Trocknungszeit. Denn während bei lufttrockener Gerste die drei Trocknungsmethoden: 64°, beziehungsweise 54°, beziehungsweise 34° bei 2-, beziehungsweise 4-, beziehungsweise 14—16stündiger Einwirkung ungefähr den gleichen Effekt hatten, hat bei sehr wasserreicher Frucht (Nr. 12—15) die niedrigste Temperaturstufe bei langer Trocknungszeit einen etwas größeren Wasserverlust bewirkt, als die beiden anderen Methoden.

5. Aus den letzterwähnten und den übrigen Zahlen der Tabelle geht auch hervor, daß bei gleicher Temperatur und gleicher Trocknungsdauer der absolute Wasserverlust abhängt vom Feuchtigkeitsgehalt des Getreides. Je feuchter also das Getreide ist, desto mehr wird ihm Wasser entzogen und zwar muß unter Berücksichtigung

von Satz 2 auch bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt des Getreides die hauptsächlichste Wasserabgabe zu Beginn der Trocknung erfolgen.

6. Aus dem vorhergehenden Satz folgt, daß die Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt verschiedener Getreide auch durch Trocknung bei gleicher Temperatur und gleicher Trockenzeit stark vermindert werden müssen, daß also auch bei sehr differierendem Wassergehalt der Frucht vor der Trocknung doch durch die gleiche Trocknungsmethode annähernd trockenes Getreide zu erhalten ist. Der experimentelle Beweis dafür ist durch die Versuche geliefert, welche mit sehr wasserreicher, noch nicht ausgereifter und mit lufttrockener Gerste angestellt wurden, wie folgende Zahlen zeigen:

Wassergehalt			
vor dem Trocknen %	nach dem Trocknen		
	getrocknet 2 Stunden bei 64°	getrocknet 4 Stunden bei 54°	getrocknet 14—16 Stunden bei 34°
46,35	12,15	8,35	7,55
44,7	10,85	11,37	10,0
43,8	11,94	12,5	7,0
37,4	10,74	9,55	11,62
35,2	12,08	10,8	11,24
19,73	8,16	8,02	10,08
17,33	9,26	10,63	11,39
17,75	8,65	8,29	8,99
16,6	8,30	7,68	8,36
16,08	8,44	8,40	8,48
15,58	8,40	8,62	8,60
15,06	8,26	8,66	8,26
14,23	8,39	7,47	8,19
13,33	8,00	7,73	8,08

Wenn die Zahlen auch den Einfluß der ursprünglichen Feuchtigkeit auf den Grad der schließlich bewirkten Austrocknung, besonders bei kürzerer Trocknungszeit, noch erkennen lassen, so sind

doch die Unterschiede im Wassergehalt der getrockneten Körner viel geringer als der frischen. Denn diese Unterschiede betragen bei der frischen Gerste 33 %, bei der getrockneten nur noch 9 %; dabei gehen die Wassergehalte der getrockneten Körner nicht parallel mit den ursprünglichen. Inwieweit diese Unregelmäßigkeiten auf die Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft, oder etwa auf Verschiedenheiten in der Struktur der einzelnen Gerstenproben und deren Neigung zur Austrocknung oder auch auf Unterschieden in der Korngröße beruhen, darüber sind keine Beobachtungen gemacht worden.

7. Die Versuche lassen auch erkennen, daß die Austrocknung umso rascher erfolgt, je weniger Getreide die Trockenkapsel enthielt. So wurde eine Wasserabgabe im Betrag von 6,46 % bei einer Temperatur der Heizluft von 54 ° erzielt in sieben Stunden, wenn 500 g, und in drei Stunden, wenn 50 g Gerste aufgeschüttet waren. 500 g verloren bei 98 ° in zwei Stunden, 8,06 % Wasser, 40—50 g in einer Stunde 9,11 % usw.

8. Bei nackten Früchten (Roggen, Weizen) hat die Trocknung in ganz ähnlicher Weise auf den Wassergehalt gewirkt, wie bei der bespelzten Gerste, so daß die Schlußfolgerungen für diese drei Getreidearten Geltung haben.

Zu ähnlichen Schlußfolgerungen ist auch Alex. Müller in seiner bereits zitierten Experimentaluntersuchung gekommen, indem er sagt: Je größer der Wassergehalt des Getreides ist, umso größer ist der Wasserverlust in der Zeiteinheit und umgekehrt; je mehr die Trocknung dem absolut wasserfreien Zustand sich nähert, desto langsamer schreitet sie vor. Mit erhöhter Temperatur nimmt bei hinreichendem Luftwechsel die Trocknungsgeschwindigkeit beschleunigt zu.

Zur Erklärung der mitgeteilten Beobachtungen über den Gang der Temperatur und die bewirkten Wasserverluste bei den Trocknungsversuchen muß man sich vergegenwärtigen, daß in der Trockenkapsel drei verschiedene Körper miteinander in Berührung kommen: die erwärmte Luft, die Getreidetrockensubstanz und das im Getreide enthaltene Wasser. Wenn man von den durch Leitung und Strahlung übermittelten, quantitativ jedenfalls sehr zurücktretenden Wärmemengen absieht, so erwärmt sich das auf der Darrhorde liegende Getreide hauptsächlich unter dem Einfluß der durchströmenden warmen Luft. Diese wird dabei abgekühlt, und da die Luft eine viel geringere spezifische Wärme besitzt als die Korn-

substanz, und diese Differenz unter Zugrundelegung von Volumeneinheiten bei dem Unterschied der spezifischen Gewichte beider Körper ins Tausendfache wächst (A. Müller), so ist sehr viel erwärmte Luft nötig, um die Temperatur des Getreides zu erhöhen. Deshalb steigt dessen Temperatur nur langsam. Liegt das Korn in mehreren Schichten übereinander, so wird einmal die Erwärmung der unteren Schichten rascher vor sich gehen, als der oberen, welcher mit einer schon mehr abgekühlten Luft in Berührung kommen; und außerdem wächst mit der Höhe der Lagerung der Widerstand für die durchziehende Luft, so daß deren Strömungsgeschwindigkeit abnimmt, was wiederum eine Verzögerung der Erwärmung zur Folge hat. In das Innere des Korns wird die Wärme auf dem Wege der Leitung fortgepflanzt, und auf demselben Wege geht auch Wärme von einem Korn zum andern über und zwar, da die untersten Schichten des Getreides zuerst warm werden, von unten nach oben; die dadurch vermittelte Wärmefortpflanzung ist aber nur eine äußerst langsame, so daß sie gegenüber der Heizwirkung des Luftstroms für die Durchwärmung des gesamten Trockengutes nur von untergeordneter Bedeutung sein kann.

Der Wärmeübergang von der Heizluft an das Getreide wird umso rascher erfolgen, je größer die Temperaturdifferenz zwischen beiden ist; je mehr sich diese vermindert, umso geringer wird die Ausnützung der Heizwärme sein. Ist daher das Getreide in den unteren Schichten schon bis zu einer gewissen Höhe erwärmt, so wird hier die Temperatursteigerung verzögert, während nun höher gelegene Schichten mit heißerer Luft in Berührung kommen und bei der hier bestehenden größeren Wärmedifferenz dieser auch weiter Wärme entziehen.

Das in die Darrkapsel gelangende Getreide enthält nun auch größere oder geringere Mengen von Wasser, welches eine noch größere Wärmekapazität hat als die Getreidetrockensubstanz. Außerdem geht mit fortschreitender Erwärmung auch eine Entbindung von Wasser in den Körnern einher, wodurch wiederum der Wärmeverbrauch gesteigert wird. Je größer nun die Menge des Trockengutes wird, und je höher dessen Wassergehalt, umso stärker muß sich die durchstreichende Luft auf ihrem Wege von unten nach oben infolge dieser Umstände abkühlen, desto langsamer wird die Erwärmung und damit die Austrocknung des Getreides in der ganzen Masse fortschreiten.

Es bleibt nun noch die Tatsache zu erörtern, warum die Austrocknung im Anfange rascher vonstatten geht, und der Wasserverlust in der Zeiteinheit abnimmt, je trockener die Samen werden. Auch J. F. Hoffmann hat das beobachtet, wie aus verschiedenen Bemerkungen, zum Beispiel S. 160 und 161, seines Buches („Das Versuchskornhaus 2c.") hervorgeht. Zur Erklärung dieses Vorganges, der in der gewöhnlichen freien Wasserverdampfung kein Analogon hat, muß man sich vergegenwärtigen, daß diese Verzögerung des Wasserabgabe bei feuchterem Getreide erst eintritt, wenn das Vegetationswasser ausgetrieben ist, und daß dann das hygroskopisch gebundene Wasser der lufttrockenen Samen mit umso größerer Zähigkeit festgehalten wird, je niedriger die Trocknungstemperatur ist. Denn die über 20 % betragenden Wasseranteile verflüchtigen sich ohne weiteres bei Lagerung an der Luft unter allen Verhältnissen. Es scheint demnach die durch hygroskopische Wasserbindung sich äußernde Anziehungskraft zwischen der Getreidesubstanz und dem Wasser mit abnehmendem Wassergehalte der Samen zu wachsen, mit zunehmendem zu sinken. Bei einem Wassergehalt des Getreides zwischen 10 und 20 % scheint die Austrocknung bei gewöhnlicher Temperatur wesentlich vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft beherrscht zu sein — (vergl. „Hoffmanns Untersuchungen" mitgeteilt in den „Verh. u. Mitt. der k. k. patr. Ges. in Böhmen", 1864, Nr. 26; Fr. Haberlandt, „Der allgem. landw. Pflanzenbau", 1879, S. 35). Eine Steigerung der Temperatur hat bei genügendem Luftwechsel natürlich auch hier immer eine Austrocknung zur Folge. Dagegen wird eine weitere Verringerung des Wassergehalts unter 10 % umso schwieriger, je mehr der Wassergehalt sinkt. Man muß deshalb annehmen, daß eine gewisse Menge Wasser zur organischen Struktur der Getreidesubstanz gehört, und nicht mehr bloß physikalisch gebunden ist. Dies würde auch die Tatsache erklären, daß niedrigere Temperaturen auch bei sehr langer Einwirkung keine vollständige Austrocknung herbeizuführen vermögen. Dagegen scheinen höhere Temperaturen gewissermaßen eine Strukturveränderung in der Kornsubstanz herbeizuführen, so daß die Wasserabgabe umso leichter erfolgt, je höher die Trocknungstemperaturen steigen. Daß tatsächlich eine tiefergreifende Beeinflussung der Körner durch die Einwirkung höherer Temperaturen bewirkt wird, das beweisen die später mitgeteilten Keimversuche. Dieser Ansicht entspricht auch eine Bemerkung von

G. Schröter („Über die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen“; Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, II. Bd., Leipzig 1886—88), der mit ganzen Pflanzen, wie mit Samen und anderen Pflanzenteilen arbeitete. Schröter sagt: „Eine absolute Trockenheit wurde auch bei dem am längsten dauernden Aufenthalt im Exsikkator über Schwefelsäure nicht erreicht, wenn das Versuchsobjekt am Leben blieb; eine solche trat nur unter gleichzeitigem Absterben des Organismus ein“. Auch die von Harz („Landwirtsch. Samenkunde“, Bd. I, S. 396) gemachte Angabe, daß die Hygroskopizität der Substanz nach und nach geringer wird, und frischgereifte Samen immer wasserreicher sind als alte, würde mit dieser Annahme übereinstimmen; denn durch das Altern ändern sich die Samen auch noch in sonstiger Beziehung, wie dies wiederum aus der Abnahme der Keimkraft älterer Samen hervorgeht. Bei einer Fortsetzung solcher Trocknungsversuche wäre jedenfalls dieser Frage besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Zum Teil ist auch die geringere Wirkung niederer Temperaturen jedenfalls damit zu erklären, daß die Luftströmung im Trockenraum umso langsamer erfolgt, je geringer die Wärmeunterschiede zwischen der Luft außerhalb der Trockenkapsel und innerhalb sind.

B. Die Wirkung der Trocknung auf die Keimung ausgereifter (und keimungsreifer) Körner.

Die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen gaben für die Ausführung der Versuche wertvolle Fingerzeige. Da der Einfluß der höheren Temperaturen auf die Keimfähigkeit zu prüfen war, so mußte darauf gesehen werden, daß die Beeinflussung der Körner durch die Wärme eine völlig gleichmäßige war. Dies konnte nach dem Vorstehenden nur erreicht werden, wenn die Körner nicht in hoher Schüttung, sondern in nur einfacher Lage in den Trocknungsraum gebracht wurden, da bei höherer Lagerung jede Schicht anderen Temperatur- und Trocknungsverhältnissen ausgesetzt gewesen wäre. Obwohl dies schon aus den vorstehenden Zahlen mit Sicherheit zu folgern war, wurde doch noch ein besonderer Versuch zur endgültigen Klärung der Frage unternommen. Es wurde nämlich die Trockenkapsel bei einer Stellung, welche eine Maximaltemperatur im leeren Trockenraum von 64 ° zu erreichen gestattete, mit 500 g lufttrockener Gerste (Wassergehalt 15,06 %) beschickt

und sechs Stunden lang getrocknet. Die Temperatur auf der Darre war zehn Minuten nach dem Einschütten 30 °, auf dem Niveau der Gerste 20 °. Nach sechs Stunden wurden unten 60 ° und oben 53 ° abgelesen. Es wurden nun mittels eines Glaszylinders eine bis auf den Boden der Darre geführte Stichprobe aus der Gerste entnommen; sodann wurden vom oberen, mittleren und unteren Drittel der Gerste je eine Probe genommen; schließlich der ganze Rest innig gemischt, und daraus ein Durchschnittsmuster gewonnen. Die Wasserbestimmung in den fünf Proben ergab folgende Werte:

Oberes Drittel	10,04 %	Stich durch alle drei Schichten	8,56 %
Mittleres „	8,94 %	Mischprobe	8,76 %
Unteres „	7,23 %		

Der Versuch bestätigt in einwandfreier Weise die Richtigkeit der Beobachtungen bei der Trocknung, und die daraus gezogenen Schlüsse berechtigen zu der Forderung, daß derartige Versuche volle Beweiskraft nur haben, wenn die Bedingung erfüllt ist, daß alle Körner genau unter denselben Verhältnissen während der Trocknung stehen. Und das ist bei dem hier verwendeten und wohl auch bei anderen Apparaten nur möglich, wenn die Körner nur in einfacher Lage der Wirkung der erwärmten Luft ausgesetzt sind, oder in ununterbrochener Bewegung gehalten werden. Bei der Mehrzahl der in der einschlägigen Literatur mitgeteilten Versuche ist, soweit diesbezügliche Angaben überhaupt vorliegen, diese Forderung nicht erfüllt. Die Berechtigung dieser Forderung war nun auch noch durch Keimversuche zu prüfen, deren Ergebnisse nachfolgend mitgeteilt sind.

Die auf eine Maximaltemperatur von 98 ° eingestellte und bei dieser Stellung während der Versuchsdauer erhaltene Trockenkapsel wurde mit 500 g lufttrockener Gerste (Wassergehalt 15,56 %) von Zimmertemperatur beschickt, die Gerste während der ersten fünf Minuten der Austrocknung ununterbrochen kräftig umgerührt, und dann der Deckel aufgesetzt. Nach weiteren fünf Minuten betrug die Temperatur auf dem Boden der Kapsel 42 °, über der Gerste 32 °. Nach 40 Minuten wurden $51^1/_2$, beziehungsweise $42^1/_2$ ° abgelesen und sofort wieder umgerührt. Das Umrühren wurde alle weiteren 20 Minuten wiederholt und hatte stets den gleichen Erfolg, daß die Temperatursteigerung über der Gerste gefördert wurde. Nach zwei Stunden zeigte das Thermometer auf der Darre eine Temperatur von 90 ° und über der Gerste von 76,5 ° an.

Nun wurde die Gerste ausgeschüttet und gut durchgemischt; die sofort direkt ausgeführte Wasserbestimmung ergab einen Wassergehalt von 8,2 %, somit einen Verlust von 8,01 %. Die Körner zeigten sich in der Farbe ziemlich ungleichmäßig und teilweise etwas gebräunt. Die unmittelbar anschließende Keimprobe ergab folgendes Resultat:

Von 100 hatten gekeimt nach:	2	3	4	5	6	7	10
	Tagen						
in Sand mit 100 % Wasser a	42	78	91	96	99	—	99
" " " 100 % " b	42	78	88	95	—	—	95
" " " 66 % " a	44	83	93	96	98	—	98
" " " 66 % " b	29	79	95	97	99	—	99
" " " 33 % " a	22	72	94	99	99	99	100
" " " 33 % " b	26	78	94	97	98	98	99
i. Filtrierpapier m. 100 % Wasser a	28	69	87	95	98	—	98
" " " 100 % " b	41	76	87	96	100	—	100
" " " 66 % " a	20	63	81	84	95	97	100
" " " 66 % " b	28	64	77	90	98	98	98
" " " 33 % " a	13	40	42	55	87	87	87
" " " 33 % " b	24	58	78	84	93	93	94

Die Keimlinge waren gesund und normal, nur hatte eines kein Würzelchen getrieben.

Von der nämlichen Gerste wurde eine Probe bei gleicher Darrtemperatur in einkörniger Schicht, die einer Menge von 50 g in lufttrockenem Zustand entsprach, ohne Umrühren eine Stunde lang getrocknet. Dabei betrug die Temperatur auf der Darre 10 Minuten nach dem Einschütten 94½ °, nach weiteren 10 Minuten 97 °, nach 40 Minuten und 1 Stunde 98 °. Die Körner waren gleichmäßig schwach gebräunt; die Wasserbestimmung ergab, daß die Trocknung einen Verlust von 8,32 % bewirkt hatte. Die Keimprüfung, welche nach der gleichen Methode in 12 Einzelversuchen angestellt wurde, ergab, daß von 1200 Körnern nach

10 Tagen 9 gekeimt hatten; nach 21 Tagen war bei noch 4 weiteren die Coleorrhiza durch die Spelzen geschoben, aber gebräunt. Das Ergebnis, $1^1/_2$ % Keimfähigkeit, entspricht einer fast völligen Vernichtung der Keimkraft durch dieselbe Temperatur in einer Stunde, welche bei zweistündiger Einwirkung auf $2^1/_2$ cm hohe Gerstenschicht deren Keimfähigkeit kaum beeinträchtigt hatte.

Auch die Körner des bereits erwähnten methodischen Trocknungsversuches, der mit 500 g lufttrockener Gerste (Wassergehalt 15,06 %) bei einer Temperatur der in den Trockenraum einströmenden Luft von 64.° angestellt wurde, und wobei nach der Trocknung die einzelnen Schichten der Schüttung, sowie eine Stich- und eine Mengprobe gesonderte Behandlung fanden, wurden zu Keimversuchen in wassergesättigtem Filtrierpapier benützt, deren Resultate nachfolgend mitgeteilt sind:

Von 100 Körnern keimten nach:		1	2	3	5	10	Wassergehalt nach der Trocknung
		Tagen					
Obere Schicht	a	35	92	100	—	100	10,04 %
	b	24	91	98	—	100	
Mittlere Schicht	a	15	47	92	98	100	8,94 %
	b	27	60	98	100	100	
Untere Schicht	a	34	65	97	98	99	8,23 %
	b	21	55	98	98	98	
Stichprobe (a. allen Schichten)	a	42	91	100	100	100	8,56 %
	b	35	89	98	99	99	
Mengprobe (aus dem gesamten Trockengut)	a	37	85	98	99	99	8,76 %
	b	32	77	96	99	100	

Der Versuch ist so instruktiv, daß eine Interpretation der Zahlen kaum nötig ist. Er zeigt mit großer Schärfe, wie die Beeinflussung der Keimkraft parallel geht dem früher dargestellten Gang der Temperaturen im Trockengut, und der damit einhergehenden Schärfe der Austrocknung. Wollte man seinen Schluß-

folgerungen über solche Wirkungen die Befunde an der Mengprobe, wie sonst wohl zu geschehen pflegt, zu Grunde legen, so würde man zu nur sehr bedingt richtigen Ergebnissen kommen. Und wenn solche Unterschiede schon bei der verhältnismäßig niederen Temperatur der Heizluft von 64 ° zur Ausprägung kommen, so sind nach allen Erfahrungen bei höheren Temperaturen oder längerer Trocknungsdauer Störungen zu erwarten, die alle Möglichkeit einer objektiven Schlußfolgerung aus solchen Versuchen aufheben.

Es ist damit der Beweis für die Richtigkeit der oben entwickelten Anschauungen hinsichtlich der methodischen Voraussetzungen für die anzustellenden Trocknungsversuche als geliefert anzusehen. Für die nachfolgenden Keimversuche waren die Körner stets durch eine Erhitzung in nur einfacher Schicht getrocknet.

Keimversuche mit künstlich getrockneter Gerste.

Das Material für die Versuche lieferte eine zweizeilige nickende Sommergerste (Hordeum distichum nutans), welche auf dem K. Staatsgut in Weihenstephan 1899 gebaut wurde. Die Gerste war eine sogenannte Landsorte unterfränkischer Provenienz. Nach den erhaltenen Mitteilungen war die Gerste anfangs August 1899 gut geerntet und dann eingebracht worden. Der Drusch erfolgte am 4. Februar 1900; darnach wurde die Gerste von Unkraut und schwachen Körnern befreit und in etwa 30 cm hohen Haufen auf einem luftigen Speicher aufgeschüttet. Einem solchen Haufen wurde am 2. März eine gute Durchschnittsprobe entnommen, und darin sofort das Wasser bestimmt. Die damit angestellten Trocknungs- und Keimversuche erstrecken sich auf die Zeit vom 6. März bis 3. April 1900. Während dieser Zeit wurde das Versuchsmaterial in einem offenen Gefäß in einem halbdunklen und kühlen Raum aufbewahrt. Der Wassergehalt nahm während dieser Zeit um 0,44 % zu, die Keimfähigkeit veränderte sich nicht. Somit können die während dieser Zeit angestellten Versuche den Anspruch auf völlige Vergleichbarkeit wohl erheben.

Bezüglich der Trocknung ist nachfolgend nur die Maximaltemperatur der einwirkenden Heizluft bei leerer Darre und die Dauer ihrer Einwirkung angegeben. Inwieweit diese Temperatur sich während der Trocknungsdauer veränderte, ist den früheren Mit-

teilungen im Abschnitt II A zu entnehmen. Selbstverständlich spielte, obwohl der Gang der Temperatur im ganzen wohl bekannt war, trotzdem das Thermometer bei den Versuchen die ihm gebührende Rolle; und alle Versuche, welche unter Abweichungen der Temperatur zustande kamen, wurden von der Bearbeitung ausgeschlossen. Zum Zwecke einer übersichtlichen Berichterstattung ist bei den Keimversuchen das Mittel aus den zwei bis vier Einzelversuchen angegeben. Um aber doch eine Kontrolle über deren gegenseitige Abweichung zu ermöglichen, ist miigeteilt, welchen Höchstbetrag in der Keimfähigkeit bei Abschluß des Versuches eine Einzelbestimmung erreichte (Maximalzahl), und welche Differenz zwischen den Ergebnissen der Einzelversuche besteht (Latitude). Dem Versuche mit unterfränkischer Gerste ist einer mit Regensburger angefügt, der am 14. und 15. Mai 1900 angestellt wurde. Die Gerste stammte von einem größeren Haufen der Ernte 1899, der seit Januar auf dem Speicher der Staatsbrauerei in Weihenstephan lagerte. Da diese Gerste ein ähnliches Aussehen und annähernd den gleichen Wassergehalt und die gleiche Keimfähigkeit wie die andere Sorte besaß, dürfte sie sich zum Vergleich mit dieser eignen. (Siehe nachfolgende Tabelle.)

Unter den Versuchsbedingungen ist also durch eine einstündige Trocknung bei 98 ⁰ die Keimkraft einer gut keimfähigen, lufttrockenen Gerste nahezu völlig vernichtet worden. Die Beobachtungen im Keimbette führten zu folgenden Notizen: Am dritten Tage war der Mehlkörper der Körner angeschwollen; die Körner erschienen wie mit Tautropfen besetzt. Die Spelzen waren häufig zerrissen und schälten sich ab. Vom vierten Tage ab machte sich ein dumpfer Geruch des Keimgutes bemerklich. Nach sechs Tagen traten an den Embryonalenden vieler Körner Exsudate in Form von gelblichen, glasklaren Tropfen auf; gleichzeitig an derselben Stelle Pilzvegetationen. Am zehnten Tage litt die Mehrzahl der Körner unter Wucherungen eines dunkelfarbigen Myzels (wahrscheinlich Cladosporium). Von den angekeimten Körnern trieb eines nur den Blattkeim und keine Wurzeln. Bei zwei weiteren Körnern (der Versuch war mit 12×100 Körnern angestellt), erschien am siebenten Tage die Coleorrhiza; diese bräunte sich aber nach einigen Tagen und zeigte bald Spuren von Pilzbefall; Wurzeln brachen nicht mehr durch. Zwei Körner trieben schlecht entwickelte Nebenwurzeln,

Nummer	Beschaffenheit des Keimgutes Trocknungsmethode	Wasser-gehalt %	Von 100 2	3	4
1	Frankengerste, ungetrocknet	15,56	98	100	—
2	„ getrocknet 1 Stunde bei 98°	7,24	—	—	—
3	„ „ 1 „ „ 84°	8,78	0,5	16	43,5
4	„ „ 1 „ „ 74°	9,70	37,5	88,5	98
5	„ „ 2 Stunden „ 20—98°	7,13	19,25	59	77,5
6	„ „ 2 „ „ 20—84°	8,42	33,25	63,25	92,5
7	„ „ 2 „ „ 20—74°	9,74	71,5	89,5	94,5
8	„ „ 2 „ „ 74°	8,41	23	62	90,5
9	„ „ 2 „ „ 64°	9,44	76,5	87	97,5
10	„ „ 3 „ „ 64°	8,64	58	85,5	92,75
11	Regensburger Gerste, ungetrocknet . .	15,06	97,75	98,5	99,0
12	„ getrocknet 2 Std. bei 64°	8,47	86	94	96,75
13	„ „ 3 „ „ 64°	nicht be-stimmt	81,5	92,25	96,25
14	„ „ 14 „ „ 34°	10,03	97,25	98	98,25

keimten nach Tagen 5	7	10	21	Beschaffenheit der nicht gekeimten	Beschaffenheit der gekeimten Körner: Bloß gespitzt	Nur eine Nebenwurzel	Mit Blattkeim und Nebenwurzeln	Wieder verdorben	Bei Versuchsabschluß: Maximalzahl	Latitude %
—	—	100		—					100	0
—	1,5		1,5	verdorben					2	1
66	87	87		"	11	33	32	13	89	4
98,5	100	100		—	0,5	4	95,5	0	100	0
87,75	94,75	95,5		verdorben, bei 1,25 % unentschieden	3,5	9,25	68,25	14,5	98	4
96,5	97,5	97,75		verdorben	0	0,5	97,25	0	99	3
98,5	99,5	100		—	0	0,5	99,5	0	100	0
92	98,5	100		—	0	3	97	1	100	0
99	99	100		—	0	1	99	0	100	0
94,5	97,5	99,5		verdorben	0	3	96,5	0	100	1
—	—	99,0		verdorben				0	99	0
97,75	98,25	98,5		"				0	98,5	0
96,75	98	98		"				0	98,5	1
—	98,5	98,5		"				0	99	1

deren Wachstum bald wieder zum Stillstand kam; nur ein Korn hatte eine kräftigere Wurzel gebildet, welche am 21. Tage noch lebensfähig war. Alles übrige zeigte an diesem Tage bereits die Spuren fortgeschrittener Zersetzung, so daß von 1200 Körnern eigentlich nur eines ungeschädigt aus der Trocknung hervorging.

Eine Herabsetzung der Trocknungstemperatur auf 84 ° hatte bei ebenfalls einstündiger Einwirkung schon wesentlich geringere Schädigungen zur Folge. Der Keimprozeß war dadurch sehr verlangsamt, so daß am zweiten Tage, an welchem die ungetrocknete Gerste bereits zu 98 % gekeimt hatte, unter 200 Körnern nur eines zur Keimung gekommen war. Auch hier wie bei den sonstigen getrockneten Körnern zeigten sich in den ersten Tagen Tautropfen; die Wasseraufnahmsfähigkeit und damit die Quellung scheint demnach — im Gegensatz zu den Annahmen anderer Beobachter — durch die Erhitzung herabgesetzt zu sein, so daß sich schon in den ersten Quellungsstadien kondensiertes Wasser auf den Körnern zu halten vermag. Diese Erscheinung wurde bei ungetrockneter, keimkräftiger Gerste entweder gar nicht oder bei Gelegenheit anderer Versuche nur in geringerem Grade und bei starkem Temperaturwechsel im Keimraum beobachtet.

Auch das Keimprozent erfuhr durch die Trocknung bei 84 ° eine wesentliche Erniedrigung. Von besonderem Interesse aber sind die weiteren Beobachtungen:

Am zehnten Tage hatten nur 32 Körner von 87 angekeimten normal den Blattkeim und die Nebenwurzeln entwickelt; 11 hatten nur den Blattkeim getrieben, 33 bildeten nur eine stark entwickelte Nebenwurzel und keinen Blattkeim. 13 % der zur Keimung angesetzten Körner hatten zwar den Keimakt eingeleitet, gingen aber wieder ein, und zwar in verschiedenen Entwicklungsstadien. Es fand in diesem Fall eine Bräunung der Scheide oder der Wurzeln statt, bis die Organe die Turgeszenz verloren und abstarben. Auch sonst verlief die Keimung nicht normal, indem häufig statt der Wurzeln die Blattkeime zuerst erschienen, zuweilen gekrümmt, indem sie an der Spitze festgehalten waren, während der basale Teil des Keimblattes sich losgelöst und die Hülle gesprengt hatte. Ebenso erschien das erste Würzelchen häufig gekrümmt oder klumpig verdickt. — Vergleicht man mit diesem Befund die am Keimungsverlauf älterer Samen gemachten Beobachtungen (siehe E. Wollny:

„Saat und Pflege der landw. Kulturpflanzen", S. 36), so ergibt sich die überraschende Tatsache, daß die Wirkungen der Trocknung auf den Keimungsverlauf eine täuschende Ähnlichkeit mit den durch höheres Alter der Samen bewirkten Veränderungen haben. Wenn somit L. Just (Cohn's „Beiträge z. Biologie d. Pfl.", B. II) sagt, daß die durch die Wärmewirkung hervorgerufene Schädigung große Ähnlichkeit mit der durch das Altern der Samen einhergehenden Abnahme der Keimkraft, wenigstens in Bezug auf den Beginn und auf die Dauer der Keimung und auf das Keimprozent zeige, so findet eine Feststellung dieser Analogie eine weitere Stütze in den oben mitgeteilten Beobachtungen über den näheren Verlauf des Keimprozesses.

Die Trocknung bei 74 ^{0} zeitigte ähnliche Wirkungen wie bei höheren Temperaturen, aber in nur verhältnismäßig kleinerem Maße. Die Keimungsenergie am dritten Tage hatte sich gegenüber der ungetrockneten Gerste nur um $11^1/_2$ $^0/_0$ niedriger gestellt. Das endgültige Keimprozent war bereits am siebenten Tage auf 100 gestiegen. Alle gekeimten Körner waren am zehnten Tage gesund, und kein Anzeichen wies auf ein nachträgliches Eingehen. —

Nachdem in den Berichten über einzelne frühere Versuche mit Samentrocknung soviel Gewicht auf ein allmähliches Ansteigen der Temperatur gelegt ist und gesagt wird, daß damit eine Schädigung der Keimkraft viel weniger bewirkt werde, als bei sofortiger Einwirkung der Höchsttemperatur, so wurden auch einige Versuche mit allmählich gesteigerter Wärme durchgeführt. Dabei kamen die Körner in die kalte Trockenkapsel und dann wurde erst angeheizt. Die Wärme der Heizluft stieg nun von der Zimmertemperatur ab in der Zeit von 75—80 Minuten ganz regelmäßig bis zu dem der Höhe der Darrkapseleinstellung entsprechenden Maximalbetrag. Dieser wirkte darauf etwa noch 40 Minuten in gleicher Höhe ein, so daß die Gesamttrocknungsdauer zwei Stunden betrug. Bezüglich der in den einzelnen Zeitabschnitten erreichten Temperaturhöhen kann auf die früheren Mitteilungen verwiesen werden. Hinsichtlich des Trocknungseffektes ist zu bemerken, daß nach dem Ausfall der Wasserbestimmungen diese zweistündige Erwärmung bei steigender Temperatur für jede Maximalhöhe ungefähr den gleichen Wasserverlust bewirkt hatte, als die entsprechende einstündige Erhitzung bei konstanter Höchsttemperatur, ein Verhältnis, das in

Vorversuchen ausprobiert, hier Anwendung fand, um die Beeinflussung der Keimkraft bei gleichem Wasserverlust lediglich unter dem Einfluß des Temperaturganges beobachten zu können. .

Die mitgeteilten Zahlen zeigen nun, daß der Keimungsverlauf auch hier ganz parallel den Maximaltemperaturen geht, schließen sich also den vorigen Erfahrungen (Seite 56 ff.) prinzipiell an. Indessen besteht doch ein großer Unterschied, denn die Zurücksetzung der Körner in der Keimungsenergie und in der Keimfähigkeit ist bei dem zweiten Trocknungsverfahren weit geringer als beim ersten. Dies zeigt sich am ausgeprägtesten bei der schärfsten Trocknung. Während eine einstündige Erhitzung boi konstant 98 ^{0} die Keimkraft nahezu völlig vernichtet hatte, hat die allmähliche Erwärmung bei erheblicher Verzögerung der Keimgeschwindigkeit eine Ankeimung von $95^1/_2$ $^0/_0$ der Körner erlaubt. Allerdings sind davon $14^1/_2$ $^0/_0$ wieder verdorben, so daß nur 81 $^0/_0$ gesunde Keimlinge übrig blieben. Die zweite Temperaturstufe von 84 ^{0} hat bei der letzteren Anwendungsform die Keimgeschwindigkeit, wie die Keimfähigkeit bedeutend weniger erniedrigt als im ersten Fall. Die Temperatur von 74 ^{0} hat die Keimgeschwindigkeit immer noch merklich, die Anzahl der insgesamt gekeimten aber nicht mehr herabgesetzt. Ein Wiederverderben der angekeimten Körner ist bei den letzteren beiden Trocknungsmethoden nicht mehr zu beobachten gewesen. Alle abnormen Keimungserscheinungen zeigten sich bei der zweiten Versuchsreihe ebenso, nur in verringertem Maßstab, wie bei der ersten.

Diese Versuche bestätigen einwandsfrei die frühere Beobachtung, daß eine allmähliche Temperatursteigerung bis zu einem Höchstbetrag die Keimkraft der Samen viel weniger schädigt, als dieselbe Höchsttemperatur bei konstanter Höhe der Einwirkung. Dies gilt auch für den Fall, daß sich an die Temperatursteigerung eine längere Einwirkungszeit der Höchsttemperatur schließt (im vorliegenden Versuche 40 Minuten), daß die Gesamttrocknungsdauer im zweiten Fall erheblich länger ist als im ersten (hier die doppelte Zeit), und daß der durch beide Trocknungsmethoden erzielte Wasserverlust der gleiche ist. Trotzdem nehmen auch hier die Beschädigungen der Samen hinsichtlich ihrer Keimkraft zu mit Steigerung der angewandten Höchsttemperatur und gehen damit dem Wasserentzug parallel. Versuch 8 zeigt nun, daß eine Steigerung der

Trocknungszeit auf das Doppelte bei 74 ⁰ konstant die Keimschnelligkeit noch weiter herabsetzt; das gleiche ergibt sich bei Vergleichung von Versuch 9 und 10, wobei beide Male eine konstante Höchsttemperatur von 64 ⁰ zur Wirkung kam und zwar das eine Mal zwei, das andere Mal drei Stunden. Beide Vergleiche lehren aber, daß diese Beeinträchtigung nicht im Verhältnis der Trocknungszeiten, sondern viel langsamer wächst. Es gelten demnach für die Wirkungen höherer Temperaturen auf die Keimkraft der Samen fast genau die gleichen Gesetzmäßigkeiten, wie sie in einem früheren Abschnitt für die Trocknungsgeschwindigkeit festzustellen waren, das heißt die Schädigungen in der Keimkraft der Samen wachsen, wie die Wasserverluste im gleichen und bei höheren Temperaturen in beschleunigtem Verhältnis mit der Trocknungswärme, und in abnehmender Progression mit der Trocknungsdauer. Die unter Nr. 11—14 der Tabelle mitgeteilten Zahlen entsprechen den Befunden bei der Trocknung der Frankengerste. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, daß eine 14stündige Erwärmung bei 34 ⁰ die Keimungsenergie und die Keimfähigkeit zwar nur ganz schwach, aber dennoch ganz deutlich erkennbar im Sinne der Wirkung höherer Temperaturen überhaupt beeinflußt hat.

Trocknungs- und Keimversuche mit anderen Getreidearten.

Nachdem über die Einwirkung der künstlichen Trocknung bei Gerste durch die vorstehenden Versuche einige Erfahrungen gewonnen waren, erschien es von Interesse, diese auch an anderen Getreidearten zu prüfen. Zu diesem Zweck wurde ein Sommerweizen und ein Sommerroggen von einem Händler bezogen; die Versuche wurden beim Roggen Ende Mai, beim Weizen anfangs Juni 1900 ausgeführt. Während der Versuchsdauer, die sich hinsichtlich der Trocknung in beiden Fällen nur auf einige Tage erstreckte, wurde das Getreide aufbewahrt wie die Gerste, um Veränderungen des Wassergehalts während dieser Zeit möglichst einzuschränken. Nachfolgend die zahlenmäßigen Versuchsergebnisse.

Nummer	Beschaffenheit des Keimguts: Trocknungsmethode	Wassergehalt %	Von 100 keimten nach Tagen: 1	2	3	5	10	Bei Vers.-Abschluß: Maximalzahl	Latitude	Beschaffenheit der nicht gekeimten Körner	Beschaffenheit der gekeimten Körner: Bloß Wurzel	Bloß Blatt	Wurzel und Blatt	Wieder verdorben
	I. Sommerkolbenweizen													
1	ungetrocknet	18,85	23,0	83,0	91,5	93,75	94,75	99	9	verdorb.	0	0,5	92,75	1,5
2	getrock. 1 Stunde bei 84°	8,79	0	31,75	66,25	83,0	88,75	94	10	"	13,25	5,75	59,25	10,5
3	" 2 Stunden " 17—84°	8,66	0,5	60,5	81,75	92,75	95,75	97	2	"	0	0	92,0	3,75
4	" 2 " " 84°	7,28	0	20,5	50,75	76,25	84,5	88	5	"	8,0	4,0	51,5	21,0
5	" 1 Stunde " 74°	10,74	2,25	82,25	95,25	96,75	97,5	99	3	"	0,25	0,5	96	0,75
6	" 2 Stunden " 17—74°	9,94	18,5	87,75	93,5	96,0	97,0	99	3	"	0	0,5	94,75	1,75
7	" 2 " " 74°	8,58	7	82,75	92,0	94,75	96,0	98	5	"	0,5	0,25	95,0	0,25
8	" 2 " " 64°	9,42	18,5	91,75	97,75	98,5	98,5	99	1	"	0	0	98,0	0,5
9	" 3 " " 64°	8,66	25,0	90,75	96,5	97,75	98,25	99	2	"	0	0	97,25	1
10	" 14 " " 34°	9,73	25,25	91,75	95,75	97,25	97,75	98	1	"	0,25	0	97,25	0,25
	II. Sommerstaudenroggen													
1	ungetrocknet	13,97	62,25	87,0	89,0	91,25	93,25	95,5	4,5	verdorb.				
2	getrock. 1 Stunde bei 84°	7,70	0	70,0	75,25	80,25	85,25	85,5	0,5	"				
3	" 2 Stunden " 18—84°	8,11	42,0	69,75	89,75	93,75	94,5	95	0,5	"				
4	" 2 " " 74°	8,87	48,75	83,75	85,25	88,5	90,25	91	1,5	"				
5	" 2 " " 18—74°	8,75	54,0	85,5	89,0	92,5	92,5	93,5	2	"				
6	" 3 " " 74°	6,83	0	78,5	82,5	87,75	89,75	90	0,5	"				
7	" 2 " " 64°	9,11	42,75	84,0	89,5	91,0	93,25	93,5	0,5	"				
8	" 3 " " 64°	8,16	30,5	83,75	88,5	92,5	93,25	95	3,5	"				
9	" 5 " " 64°	7,09	0	71,25	86,25	89,75	90,75	91	0,5	"				
10	" 14 " " 34°	9,12	38,0	82,5	87,25	89,25	89,50	90	1	"				

Aus diesen Zahlen geht unzweifelhaft hervor, daß die Trocknung eine Reduktion der Wassergehalte innerhalb ähnlicher Grenzen bewirkt hat, wie bei den unter gleichen Bedingungen getrockneten Gerstenproben. Auch hinsichtlich der Einwirkung auf die Keimfähigkeit zeigen sich beim Vergleich der getrockneten Samen untereinander dieselben Regelmäßigkeiten, indem höhere Temperaturen den Keimprozeß verlangsamen und den Prozentsatz der Keimung herabdrücken, wobei gleichzeitig die Keimung vielfach abnorm verläuft, indem die Würzelchen verspätet oder gar nicht zum Durchbruch kommen, oder die Keimlinge nach längerer oder kürzerer Zeit wieder absterben. Ferner gibt auch hier die Keimungsenergie einen viel besseren Maßstab zur Beurteilung der ungünstigen Wärmewirkungen ab als das Keimprozent bei Abschluß des Versuches, weil viele Körner ihre Keimung nur verzögern, ohne gänzlich auszubleiben. Weiter vermehrt eine Verlängerung der Trocknungsdauer die Schädigungen durch eine bestimmte Temperatur; aber dieser Einfluß ist von geringerer Bedeutung für die Keimkraft als eine Änderung der Temperaturhöhe. Endlich zeigen sich auch hier die Vorteile einer allmählichen Erwärmung gegenüber der raschen Erhitzung durch geringere Schädigung der Samen.

Vollständig neue Gesichtspunkte für die Schlußfolgerung ergeben sich aber bei einem Vergleich der die Keimkraft des ungetrockneten Materials ausdrückenden Zahlen mit den am getrockneten Getreide festgestellten. In dieser Beziehung ist zunächst zu erwähnen, daß die Keimungsenergie wie die Keimfähigkeit beider Saaten nicht befriedigen kann. Jedenfalls waren darunter eine große Anzahl von Körnern mit geminderter oder erloschener Lebensfähigkeit, wenn auch der Geruch und das Aussehen dieser Körner eine Ursache hierfür nicht erschließen ließ. Betrachtet man nun beim Weizen die Keimprozente der getrockneten Körner, so stehen diese mit zwei Ausnahmen, welche den konstant eine beziehungsweise zwei Stunden einwirkenden Temperaturhöhen von 84 ⁰ zu verdanken sind, sämtliche höher als das des ungetrockneten Materials, und insbesondere hat durch die niedrigeren Temperaturen von 64 ⁰ und 34 ⁰ die Keimfähigkeit eine nicht unwesentliche Steigerung erfahren. Auch beim Roggen hat die Austrocknung bei allmählich gesteigerter Wärme bis zu 84 ⁰ eine Erhöhung der Keimfähigkeit bewirkt. Einem Zufall können diese Zahlen ihre Gruppierung nicht verdanken; denn jeder dieser Versuche ist mit 400 Körnern

ausgeführt, und die Einzelversuche zeigen eine befriedigende Übereinstimmung. Zur Klärung dieser Frage erschien es angezeigt, weitere Versuche mit dazu besonders geeignetem Material auszuführen. Hierzu wurde ein Sommerweizen ausgewählt, der von derselben Firma bezogen war, und von Anfang an eine sehr verminderte Keimkraft zeigte, obwohl Aussehen und Geruch vollständig normal waren. Außerdem stand eine Probe Anderbecker Hafer zur Verfügung, der unmittelbar nach dem Drusch mit einem Wassergehalt von 17,74 % in ein Glas eingeschlossen wurde, um ihn bei stets gleichem Feuchtigkeitsgehalt zu methodischen Trocknungsversuchen benützen zu können. Diese Versuche konnten wegen anderweitiger Beanspruchung nicht zur Ausführung gelangen, so daß der Hafer vier Monate lang verschlossen war. Beim Öffnen des Glases machte sich ein auffallend dumpfer Geruch bemerkbar, und die alsbald angestellte Keimprobe erwies eine beträchtliche Verminderung der Keimkraft als Folge des Luftabschlusses. Die nachfolgenden Trocknungs- und Keimversuche wurden im Juni 1900 angestellt, also etwa neun bis zehn Monate nach der mutmaßlichen Ernte des Getreides. (Siehe nebenstehende Tabelle.)

Diese Zahlen weisen mit großer Klarheit einen günstigen Einfluß der Erwärmung bei schlecht keimfähigem Getreide nach. Beim Weizen machte sich dies nur hinsichtlich der Keimfähigkeit geltend, während die Keimungsgeschwindigkeit durch alle Trocknungsmethoden vermindert wurde. Auch das Keimprozent ist durch die von Beginn an mit gleicher Höhe einwirkenden Temperaturen von 84 ^{0} bei einstündiger, und 74 ^{0} bei zweistündiger Trocknungsdauer etwas herabgesetzt; aber die übrigen Trocknungsmethoden, also allmähliche Erwärmung bis 84 ^{0}, einstündige Einwirkung von 74 ^{0} und zweistündige von 64 ^{0} haben einen die Keimung förderlichen Einfluß ausgeübt. Auch beim Hafer haben die höheren Temperaturen die Keimungsenergie vermindert, dagegen ist diese durch die übrigen Trocknungsmethoden erhöht worden, und zwar insbesondere durch die 14stündige Anwendung von 34 ^{0}. Die Anzahl der überhaupt zur Keimung gelangenden Körner ist bei fast sämtlichen Temperaturstufen erhöht gegenüber ungetrocknet. Auch die ungünstigst wirkende Trocknungsmethode, einstündige Einwirkung von 84 ^{0}, hat das Keimprozent nicht wesentlich erniedrigt; allerdings ist der Effekt dieses überraschenden Resultates dadurch

Lfd. Nr.	Beschaffenheit des Keimguts	Von 100 keimten nach Tagen						Von den gekeimten wieder verdorben
		1	2	3	5	7	10	
	I. Noë's Sommerweizen:							
1	ungetrocknet	0,75	30,5	46	56,75	59,0	59,5	
2	getrocknet 1 Stunde bei 84° . .	0	0	17,25	40,75	49,25	52,75	
3	„ 2 Stunden „ 18—84° .	0	12,25	40,5	59,5	64	64,75	
4	„ 1 Stunde „ 74° . .	0	14	42,25	60,0	63,0	64,25	
5	„ 2 Stunden „ 74° . .	0	3,25	26,25	49,25	55,25	57,25	
6	„ 2 „ „ 64° . .	0	24,75	44,5	59	61,75	62,75	
	II. Anderbecker Hafer:							
1	frisch vom Drusch	18,25	92,75	96	97,5	98,25	98,25	0
2	4 Monate verschlossen im Glas, ungetrocknet	1,25	57,5	76,5	82,25	85,5	86,5	0
3	wie 2, getrocknet 1 Stunde bei 84°	0	0,75	8,0	62,5	83,25	86	11,5
4	„ 2, „ 2 Stunden „ 20—84°	0,25	7,5	42	87	95,25	96,5	1,5
5	„ 2, „ 1 Stunde „ 74°	0	40,25	79,25	94,75	95,25	95,25	3,5
6	„ 2, „ 2 Stunden „ 20—74°	0	64	88,5	94,5	94,5	94,5	1,75
7	„ 2, „ 2 „ „ 74°	0	23,25	72	95,5	96	96,5	0,75
8	„ 2, „ 2 „ „ 64°	4,5	67,25	92,5	96	96,5	96,5	1
9	„ 2, „ 3 „ „ 64°	1,75	56,75	82	95	95	95	0,75
10	„ 2, „ 14 „ „ 34°	17	87,75	95	95,25	95,75	95,75	0

abgeschwächt, daß ein Teil der angekeimten Körner nachträglich noch verdarb. Eine Erklärung dieser auffallenden Erscheinung soll hier nicht versucht werden; denn eine solche hätte eingehende Studien über die Veränderungen in der inneren Beschaffenheit der Samen bei der Abnahme der Keimkraft, sowie bei der Erhitzung zur Voraussetzung. Doch sei darauf hingewiesen, daß, abgesehen von später zu erwähnenden Versuchen mit noch nicht völlig keimreifer Frucht, sowie den bereits zitierten Wiesner'schen Erfahrungen bei der Trocknung von Nadelholzsamen auch anderwärts eine Erhöhung der Keimfähigkeit des Getreides durch Trocknung wahrgenommen wurde, so durch L. Just, Velten, Höhnel u. a. Die von Just und Falke dafür gegebene Erklärung, daß durch die Trocknung die Körner Risse bekommen hätten, und deshalb das Wasser leichter hätten aufnehmen können, ist wenig wahrscheinlich, da aus den vorliegenden Versuchen eher eine Verlangsamung der Quellung und damit der Wasseraufnahme stark erwärmter Körner gefolgert werden kann. Auch spricht nichts dafür, daß bei den nicht getrockneten Körnern die verminderte Keimkraft auf ungenügender Wasseraufnahmefähigkeit beruhe; bei dem zu den letztmitgeteilten Versuchen benützten Hafer ist das jedenfalls ausgeschlossen, da dessen Keimfähigkeit lediglich infolge der durch den Luftabschluß eingeleiteten inneren Veränderungen, die vielleicht unter Mitwirkung niederer Organismen vor sich gingen, gemindert war.

Bezüglich der allgemeinen Wirkungen der höheren Temperatur haben die letztbehandelten Versuche die gleichen Erfahrungen gezeitigt, wie frühere, so daß diese wohl als Gesetzmäßigkeiten angesehen werden können. Es seien nun kurz die Wirkungen der Erhitzung lufttrockenen Getreides auf dessen Keimkraft zusammengestellt:

1. Bei gut keimfähiger Gerste bewirkt die Trocknung bei Temperaturen von 34—98° und den angewandten Trocknungszeiten eine Beeinträchtigung der Keimkraft, die umso bemerklicher wird, je höher die Temperatur und je länger die Trocknungsdauer ist.
2. Diese Wirkungen stehen mehr unter dem Einfluß der Höhe der Trocknungstemperatur als der Dauer der Trocknung.

3. Eine allmähliche Erwärmung hat eine geringere Beeinflussung der Keimung zur Folge als eine rasche Erhitzung.

4. Die Beeinträchtigung der Keimkraft besteht in einer Verzögerung der Keimgeschwindigkeit und in einer Herabsetzung des Keimprozentes.

5. Die Beeinträchtigung der Keimkraft kommt schärfer in der Feststellung der Keimungsenergie als der Keimfähigkeit zum Ausdruck, indem letztere oft nicht beeinflußt wird, auch wenn der Keimungsverlauf verzögert ist.

6. Die Anzahl der insgesamt angekeimten Körner ist auch deshalb kein Maßstab für die Keimkraft der getrockneten Körner, weil viele Keimlinge nachträglich wieder verderben.

7. Außer den ziffermäßig feststellbaren Wirkungen auf die Keimkraft hat die künstliche Trocknung bei höheren Temperaturen noch Veränderungen in der Entfaltung des Embryos zur Folge, die als Ausdruck einer geminderten Lebensfähigkeit der Keimpflanzen gelten können.

8. Schlechtkeimfähiges Getreide kann unter Umständen durch die künstliche Trocknung bei höheren Temperaturen in der Keimfähigkeit verbessert werden. Soweit dies nicht eintritt, bestehen dieselben Wirkungen wie bei der Gerste.

9. Die eigenen Versuche, wie die Literaturangaben beweisen eine Relativität der Wirkungen, die hauptsächlich unter dem Einflusse der Individualität der Samen und der Trocknungsmethode stehen. Deshalb haben alle Zahlen nur unter den je-

weiligen Versuchsbedingungen Geltung, und absolute Angaben über die Temperaturwirkungen sind kaum möglich.

C. Wirkung der Trocknung auf die Keimkraft noch nicht ausgereifter oder noch nicht keimungsreifer Körner.

Die in diesem Abschnitt mitzuteilenden Versuche beschäftigen sich zunächst mit der Frage, wie es sich mit der Keimfähigkeit der Gerste unmittelbar nach dem Schnitt verhält und welche Veränderungen hierin im Lauf der ersten Lagerzeit zu beobachten sind. Es war dabei notwendig, die verschiedenen Stadien der Feld- oder Schnittreife der Frucht in gesonderten Versuchen zu behandeln, und deshalb das Versuchsmaterial schon auf dem Feld auszuwählen. Veranlassung zu dieser Untersuchung gab die Tatsache, daß die Ansichten über die Keimungsverhältnisse der Gerste vielfach noch nicht ganz geklärt zu sein scheinen, so daß eine eingehendere Behandlung wohl am Platze ist. Zwar ist schon lange bekannt, daß bei verschiedenen Sämereien die Keimfähigkeit unmittelbar nach der Ernte zu wünschen übrig läßt. So schreibt zum Beispiel der Verfasser des „Hausvaters", Hannover, 1766, II. Teil, S. 151: „Weizen, welcher ein Jahr gelegen hat, keimt besser als der frische". Ferner erwähnt Röper, der Übersetzer der „Pflanzenphysiologie" von De Candolle (1835, Band II, S. 304): „Die eben erst aus der Vegetation getretenen und von der Mutterpflanze sich getrennt habenden Samen zeigen sich gegen die den Keim hervorrufenden Einflüsse weit weniger empfänglich, als nur kurze Zeit später, nachdem sie etwas geruht haben und zu einem gewissen Stillstand und Grade von Abtrocknung oder Ablustung gelangt sind. Getreide wächst nur dann in den Ähren aus, wenn durch sehr starkes Ausdörren seine Erregbarkeit gegen Feuchtigkeit erhöht worden ist".

Alex. Braun sagt („Beobachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur", 1850), daß Cucurbitaceen nach mehrjährigem Trockenliegen leichter und sicherer keimen. Er glaubt, daß Austrocknung notwendig sei für Weiterentwicklung der Ruhezustände verschiedener Algen usw. Andere Samen vertragen dagegen unmittelbar nach dem Reifen keine Austrocknung, worüber näheres bei Nobbe, „Handbuch", S. 368. Einschlägig dürfte auch eine Beobachtung von Fr. Müller sein („Cosmos", II. Jahrgang,

Band 13, 1883), wornach die Samen von Eichhornia crassipes frisch nicht keimten, dagegen, wenn sie e i n e n Monat an der Luft getrocknet waren.

Nobbe zitiert in seinem „Handbuch der Samenkunde", 1876, den Ausspruch eines englischen Blumenzüchters vom Jahre 1873, wornach Samen, welche alsbald nach der Ernte gesät werden, weit mehr Geduld herausfordern als solche, die zuvor einige Monate gelegen haben. Nobbe selbst stand zur Zeit der Ausgabe seines Handbuches jedenfalls noch auf dem Standpunkt, daß die Keimungsreife bei Getreide usw. mit der Schnittreife zusammenfalle, wie aus einer Notiz auf S. 362 des Werkes hervorgeht. Doch führt er weiter unten aus: „In vielen Fällen ist das Zuwarten gesunder Samen im Keimbett ohne allen Zweifel auf die Beschaffenheit der Samenhülle zurückzuführen. Der Beweis dafür liegt in der Tatsache, daß jede Verletzung der Hülle, wodurch dem Wasser und Sauerstoff der Eintritt gestattet wird, unmittelbar mit der Quellung auch die Keimung herbeiführt". Und S. 364: „In anderen Fällen ist ein solcher Wasser- und Sauerstoffabschluß an der Embryoentfaltung tatsächlich unbeteiligt. Häufig mag ein sehr unentwickelter Zustand des Embryo im gereiften Samen den verspäteten Durchbruch erklären. Oder es mag der an der Pflanze gereifte Same einer vorbereitenden, sehr langsamen und vielleicht nur bei bestimmten Konzentrationen der Zellsäfte erfolgenden Metamorphose oder physikalischen Veränderung seiner Inhaltsbestandteile bedürfen, bevor die von letzterem materiell ressortierenden Zellenbildungen eingeleitet werden, welche die Streckung und den Hervortritt der Radikula herbeiführen. Diese Metamorphose der Samenbestandteile kann man als Nachreifung oder Keimungsreifung bezeichnen, obwohl über den Charakter dieser Metamorphose im gegenwärtigen Stadium unseres Wissens kaum etwas Näheres auszusagen ist. Daß es wesentlich Oxydationsprozesse seien, geht schon aus dem Umstande hervor, daß ruhende Samen, analog allen anderen organischen Körpern. bei Sauerstoffzutritt Kohlensäure entwickeln. Daneben laufen jedoch Umbildungsprozesse der Reservestoffe einher. Im übrigen leuchtet ein, daß schon die bloße Wasserabgabe eine Konzentration der Zellsäfte zugunsten der die Keimung einleitenden Diffusionsprozesse bedingt". Seite 344 berichtet Nobbe über einen Versuch mit Fichtenzapfen, wobei sie teils sofort entkörnt, und die Körner frisch zur Keimung

angesetzt wurden, teils 4½ Monate aufbewahrt und dann die Körner ins Keimbett gebracht wurden. Es keimten von ersteren nach zwölf Tagen 48, im ganzen 68 %; von letzteren 62, beziehungsweise 85 %. „Die Nachreife hat sich mithin sehr förderlich für die unreif geernteten Körner erwiesen".

Holzner sagte in einem Vortrag in Frankfurt 1876 (mitgeteilt im „Bayer. Bierbrauer", 1876, Nr. 14): „Einer Nachreife bedürfen die Getreidearten nicht. Sie sind keimungsfähig, sobald sie schnittreif geworden sind". Diese Worte wiederholte C. Lintner in einem Artikel: „Altes und Neues über Bierbrauerei" (Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen, 1880), und setzte hinzu: „Die Beobachtung von Chodoumsky, daß sich im Anfang der vorigen Mälzungskampagne der Prozentsatz der ungekeimten Gerste von 12 % zum Beginne bis auf 2—4 % im Dezember verringerte, läßt sich sicher auf den ungleichen Wassergehalt der frischen Gerstenkörner zurückführen ..... daß einige Brauer, welche genötigt waren, frische Gerste zu vermälzen, dieselbe auf der Darre vorher etwas austrockneten und dadurch in der Tat ein ganz gleichmäßiges Resultat im Wachstum damit erzielten."

Exakte Versuche über die Nachreife stellte meines Wissens zuerst Körnicke an („Die Saatgerste", Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen, 1882). Er sagt: „Bei der Gerste ist eine solche Nachreife notwendig. Auch vollständig ausgereift, trocken und hart keimt sie nach dem Schnitte nur sehr langsam und vereinzelt". Ferner: „Zur Nachreife sei Trockenheit erforderlich". Körnicke zitiert auch eine einschlägige Bemerkung von Theophrast (caus. pl. 4, 3, 4): „Daß zum Keimen die jährigen Samen besser seien, als die jungen, ist nicht widersinnig. Denn sie sind in sich gefestigter und besser gekocht (εὐπεπτότερα). Es nützt ihnen nämlich das Kochen (Verdauen πέψις), indem das Unpassende (τὰ ἀλλότρια) verdunstet". Körnicke stellte (a. a. O.) die Nachreifebedürftigkeit bei Weizen, Roggen und Hafer in Abrede, wenn er auch zugab, daß diese, bald nach der Ernte entnommen, langsamer zu keimen scheinen, als jährige. Demgegenüber stellte Batalin („Über den Einfluß der Feuchtigkeit der Samen auf ihre Keimung", Bot. Zentralblatt von Uhlworm, B. V, 38) folgendes fest: Die früher an Hafer und Gerste gemachten Beobachtungen, daß völlig reife Samen eine gewisse Quantität Wasser verloren haben müssen, um gut zu keimen, bestätigt sich auch für Panicum miliaceum, Secale cereale,

Setaria germanica und Digitaria sanguinalis. Roggenfrüchte wurden völlig reif aus der Ähre genommen: 1. direkt zur Keimung angesetzt; 2. nach eintägiger Trocknung bei Zimmertemperatur (Gewichtsverlust 20 %); 3. getrocknet bei 35—40 ° R. (Gewichtsverlust 30 %).

Es keimten bei:	1.	2.	3.
nach 5 Tagen	11,4 %	27,3 %	82,3 %
„ 7 „	26,8 %	40,5 %	88,5 %
„ 8 „	32,2 %	44,2 %	90,9 %

Nachdem die nichtgekeimten Samen der Probe 1 vorsichtig getrocknet worden waren, zuletzt bei 40 ° R., keimten in drei Tagen 80 % derselben.

Ausgedehnte Versuche über die Frage sind auch in der Versuchsanstalt für Brauindustrie in Böhmen angestellt worden („Allgem. Brauer- und Hopfenzeitung“, 1889, hier nach Heine, „Die Braugerste“; Berlin 1889), wornach „frische“ Gersten durch vierwöchentliche Trocknung bei 30 ° eine meist erhebliche Zunahme in der Keimfähigkeit erfuhren. Heine setzt dem Bericht hinzu: Jedenfalls war es nicht die durch die Trocknung bewirkte Wasserabgabe allein, welche die Erhöhung der Keimfähigkeit bewirkt hatte, sondern gewisse innere Vorgänge, molekulare Umlagerungen in den Substanzen der Körner selbst, welche diesen günstigen Einfluß hervorriefen.

Bei selbst geerntetem Material verschiedener Reifestadien und Sorten bestimmte C. Kraus („Untersuchungen über die Reifungsverhältnisse der Gerste“; Ztschr. f. d. ges. Brauwesen, 1892) neben verschiedenen anderen Eigenschaften auch die Keimungsverhältnisse unmittelbar nach der Ernte in frischem und lufttrockenem Zustand. Dabei zeigte sich, daß die Gersten nur zu ganz geringem Prozentsatz keimten, wenn sie frisch und ebenfalls schlecht, aber doch etwas besser als die frischen, wenn sie lufttrocken ins Keimbett gelegt wurden. Verschiedene Sorten verhielten sich hierin nicht gleich; mit fortschreitender Reifung zeigte auch die Keimungsenergie eine Zunahme. Über die Vorgänge bei der Nachreife von Weizen stellte E. Hotter („Landw. Versuchsstationen“, 1892) Versuche an, die feststellen sollten, ob bei der Nachreife der Wasserverlust ausschlaggebend sei. Es zeigte sich, daß bei freiliegendem Weizen die Keimungsenergie am raschesten vorwärts schreitet; aber auch bei

völligem Luftabschluß erfolgt eine Nachreife. Auf Veranlassung von L. Hiltner wurden diese Samen bis zu zehn Tagen bei konstant 40 ° C. erwärmt, wodurch eine Erhöhung der Keimkraft schon nach sieben bis zehn Tagen eintrat.

In einem Referat über einen Aufsatz von Ehrich („Zur Beurteilung der Braugerste“ in der Allgem. Brauer- und Hopfenzeitung, 1892), worin vor der Vertrocknung nicht lagerreifer Gerste (24 Stunden bei 25 ° R.) zum Behuf der Erhöhung der Keimkraft für den Keimversuch gewarnt wird, macht L. Hiltner im „Jahresbericht für Agrikulturchemie“, 1893, S. 269, die Anmerkung, daß nach den mehrfach von ihm angestellten Versuchen noch nicht ausgereifte Gerstenkörner erst nach mindestens fünf- bis zehntägiger Erwärmung auf 40 ° C. ihre volle Keimkraft erlangen. Eine ungünstige Wirkung dieser Behandlung kann nur eintreten, wenn die Körner während derselben zu wenig flach ausgebreitet waren.

Einschlägige „Untersuchungen über die Keimungsverhältnisse der Gerste“ sind von H. Wichmann angestellt (Sep.-Abdr. aus dem V. Heft der „Mitt. d. Österr. Versuchsstation für Brauerei und Mälzerei“, Wien, 1892). Die ersten Keimprüfungen erfolgten vom 15.—20. September und ergaben, daß zu dieser Zeit frische Gerste noch ziemlich langsam keimt, während das Optimum der Keimungsenergie bei den meisten Gersten im November erreicht war; bei einzelnen aber erst später. Ein Teil derselben Gerstenproben war in dichtverschlossenen Glasflaschen aufbewahrt worden und zeigte ebenfalls in ganz ähnlicher Weise, wie die offengelagerten Gersten eine Zunahme der Keimkraft, so daß die Nachreife nicht an die Bedingung der Wasserabgabe geknüpft sein kann.

In einem Vortrag über das künstliche Trocknen frischer Gerste behufs Erhöhung der Keimungsenergie berichtet J. Brand (nach „Zeitschrift f. d. ges. Brauwesen“, 1896, Nr. 46) auch über eigene einschägige Versuche, welche ergaben:

	Keimungsenergie	Keimkraft
Gerste frisch, nicht getrocknet	21 %	64,6 %
Dieselbe, aber getrocknet 10 Stunden bei 25—30 °, ohne Lüftung	21 %	61,2 %
Dieselbe, getrocknet wie vorher, aber mit Lüftung	58 %	89 %

In seinem Sammelwerk kommt J. F. Hoffmann ebenfalls auf die Frage zu sprechen in den Aufsätzen, Nr. 38: „Einige Bemer-

kungen über den Einfluß des Trocknens auf das Getreide"; und Nr. 37: „Die Einwirkung des Trocknungsprozesses auf Nachreife und Auslese beim Getreide". Nach dem ersteren glaubt der Autor, daß der Luftsauerstoff während der Zeit der Nachreife als Reservestoff aufgespeichert wird, und daß das Wasser im frisch geernteten Getreide diese Aufspeicherung und damit die Nachreife verzögere. Daraus erkläre sich der günstige Einfluß der Trocknung auf die Beschleunigung der Nachreife, indem durch die entstehenden Risse der Sauerstoff leichter eindringen könne; ferner die Kohlensäureentwicklung im ruhenden Korn und damit deren Widerstand gegen den Eintritt des Sauerstoffs vermindert, sowie auch der Sauerstoffverbrauch durch die an feuchtem Getreide besonders häufigen Mikroben herabgesetzt werde. Den experimentellen Beweis für seine Anschauungen will Hoffmann allerdings erst erbringen. Im zweiten Aufsatz nimmt Hoffmann eine Keimfähigkeit der Gerste gleich nach der Ernte zu 55 % an; nach sechswöchentlicher Lagerung sei das Maximum der Keimfähigkeit zum Beispiel mit 98 % erreicht. Bei ungünstiger Lagerung erfolge die Verbesserung in der Keimfähigkeit langsamer, nach künstlicher Trocknung dagegen wachse diese rascher und erreiche auch einen höheren Betrag als die erste Probe.

Kürzlich hat W. Windisch („Zeitschrift für Spiritusindustrie", 28. Jahrgang, Nr. 17, S. 470; hier nach Ref. in „Biedermanns Zentralblatt f. Agr.-Chemie", 1904, S. 623) durch einige Versuche die Frage: „Warum keimt die getrocknete beziehungsweise abgelagerte Gerste besser als die frisch geerntete?", studiert, indem er den Embryo nebst Schildchen vom Endosperm löste, und auf Stärkegelatine setzte. Dabei keimten von getrockneten Körnern 97 % gegen 53 % der ungetrockneten. Weiterhin befreite er eine Anzahl Körner vom Embryo, und trocknete einen Teil der Keimlinge und der Endosperme vorsichtig, setzte dann Keimlinge und Endosperme wieder zusammen und fand die beste Keimung, wo Embryo und Endosperm getrocknet war; etwas langsamere Keimung, wo Embryo getrocknet, Endosperm nicht; bei Endosperm getrocknet, Keimling nicht, war die Keimung schlecht, und sehr schlecht, wo beide Kornteile ungetrocknet. Windisch glaubt daher, daß die Ursachen der schlechteren Keimung nicht im Endosperm, sondern im Embryo und Schildchen zu suchen seien.

Als Mittel zur Hebung der Keimungsenergie unabgelagerter Gerste wird auch empfohlen von Franz Cerny („Chemikerzeitung“, Jahrgang 1900, I. Repertorium) der Zusatz von Chlorkalkwasser, wodurch die Anzahl der nach drei Tagen gekeimten Körner von 68,4 auf 96,4 % erhöht wurde. A. Reichard hat durch Waschen und Reiben der Körner mit Alkohol, Äther und mit Kalkmilch eine wesentliche Erhöhung der Keimkraft frischer Gerste erzielt (nach Thausing, „Malzbereitung und Bierfabrikation“, 5. Auflage, 1898; daselbst Literaturangaben). L. Hiltner hat festgestellt („Mitteilungen der D. L. G.“, 1901, Stück 32: „Über die Bestimmung der Keimfähigkeit von frisch geernteten Getreidesamen“), daß das Anschneiden oder Anstechen der frischgeernteten und mangelhaft keimenden Körner genügt, um sofort eine hohe Keimungsenergie herbeizuführen, wenn diesem mechanischen Eingriff vor Ausführung des Keimversuches eine Einquellung der Samen in Wasser vorausgeht. (Die Versuche sind von mir mit gutem Erfolg bei nicht keimreifer Gerste wiederholt worden.) In Nr. 44 der „Ill. landw. Zeitung“, 1904, hat Plahn-Friedrichswert einige Erfahrung über die Erhöhung der Keimungsenergie durch künstliche Trocknung von Gerste und Roggen mitgeteilt; da aber alle Angaben über die Trocknungsmethode und das Alter der Körner fehlen, so ist der Artikel ohne wissenschaftliche Verwertbarkeit.

Untersuchungen über den Einfluß der Schnittreife der Getreide auf die Keimung sind viele gemacht, so von Lukanus („Landw. Versuchsstationen“, IV., S. 253) bei Roggen, dessen Keimkraft mit der Reife des Kornes in gleichen Verhältnissen fortschreite, bis sie ihr Maximum in der vollendeten Reife erreicht habe. Durch das Nachreifen im Stroh sei es möglich, in Bezug auf die Keimungskraft des Kornes die natürliche Reife zu ersetzen. Paul Sagot („Archives des sciences physiques et nat.“, 55, 1876) fand, daß Getreidekörner, im Juli geerntet, zu welcher Zeit sie noch grün und milchig waren, keimten. Die am wenigsten reifen Körner keimten am langsamsten. A. Hosäus („Deutsche landw. Presse“, 1875) säte Roggen- und Weizenkörner in vier verschiedenen Reifezuständen aus, welche fast sämtliche keimten. Als günstigsten Zeitpunkt für die Ernte hält er die Gelbreife, da derartige Körner regelmäßiger und rascher keimen. U. a. m.

Nach der vorliegenden Literatur ist demnach der Beweis geliefert, daß Getreide, einschließlich Gerste, nach dem Schnitt schlecht keimt, und bei der Lagerung sich hierin allmählich verbessert. Es ist ferner bewiesen, daß diese Erhöhung der Keimungsenergie nicht, wie früher angenommen wurde, lediglich eine Folge der Austrocknung ist; aber dennoch ist eine günstige Wirkung der Trocknung, insbesondere bei Temperaturen über der Höhe der gewöhnlichen Luftwärme zu beobachten gewesen. Aber die vorliegenden Versuche darüber sind noch nicht vollständig genug, um ein Bild davon geben zu können, wie die Lagerreife fortschreitet vom Tage des Schnittes bis zur Erlangung der vollen Keimungsenergie; auch ist der Einfluß der Beschaffenheit des Versuchsmaterials, insbesondere der Grad von dessen Ausbildung an der Pflanze, nur in einzelnen Versuchen berücksichtigt worden. Am wenigsten geklärt scheint noch die Frage des Einflusses der Trocknung auf die Verbesserung solchen nicht völlig keimreifen Materials zu sein, so daß Versuchsanstellungen in der angedeuteten Richtung wohl veranlaßt sind, schon vom Standpunkt der wissenschaftlichen Erkenntnis aus.

Diese Fragen haben aber auch ein hervorragendes praktisches Interesse, insbesondere bei der Gerste und deren Verwertung. Es ist bekannt, daß die Verwendung von einheimischer Gerste zu Brauzwecken im Herbst erheblichen Schwierigkeiten begegnet, indem diese zu Beginn der Herbstmälzungsperiode noch nicht den Grad der Lagerreife erreicht hat, daß sie unter günstigen Bedingungen für die Keimung in zwei bis drei Tagen 95—100 % aller entwicklungsfähigen Keimlinge entfaltet. Dieser Umstand gibt Veranlassung, daß die Brauereien und Malzfabriken meistens früher geerntete auswärtige Gerste einführen, und damit erwächst dem Produkt der heimischen Landwirtschaft eine erhebliche Zurücksetzung in der Konkurrenz auf dem Markte. Es sei erwähnt, daß häufig als Grund für diese Einführung auswärtiger, besonders ungarischer Gerste, u. a. deren niedriger Wassergehalt infolge des warmen und trockenen Klimas ihres Ursprungslandes angeführt wird, der die frühzeitige Vermälzbarkeit erlaube, während zweifellos der Vorsprung in der Erntezeit hauptsächlich die Ursache ist, daß diese Gerste zu Beginn der Mälzungsperiode besser keimt. Wäre nur der höhere Wassergehalt an sich bei der einheimischen Gerste schuld an der geringeren Bewertung seitens der Industrie, so müßte es durch gute Feldtrocknung und Aufbewahrung, insbesondere aber

durch künstliche Trocknung gelingen, unsere Gerste auch im Herbst konkurrenzfähig zu machen. Bewirkt dann außerdem noch die künstliche Trocknung, abgesehen von der Beeinflussung des Feuchtigkeitsgehalts, eine solche Erhöhung des Keimprozentes, daß sie sofort vermälzbar ist, so ist damit ein Ansporn zur technischen Gerstentrocknung im großen gegeben, und die heimische Landwirtschaft wäre um eine Vervollkommnung ihrer technischen Hilfsmittel zur Verbesserung ihres Betriebes reicher. Diese Erwägungen veranlassen auch vom Standpunkt der Praxis aus die Veranstaltung einschlägiger Versuche. Nachstehende Mitteilungen sollen einen Beitrag hierzu liefern.

Unter Berücksichtigung aller Umstände schien es geraten zu sein, hierbei den verschiedenen Entwicklungszuständen der Gerste besonderes Augenmerk zu schenken, und deshalb für die Untersuchung nicht die Gerste zu nehmen, wie sie geschnitten wird, sondern ausgewähltes Material verschiedener Reifestadien. Und mit Rücksicht auf die in der Literatur und den Kreisen der Praxis zum Ausdruck gekommenen Meinungen waren die Wassergehalte der Gerste und die Wirkungen verschiedener natürlicher und künstlicher Trocknung darauf vorwiegend zu berücksichtigen. Nachdem aber vollreif geerntetes Material an und für sich ziemlich wasserarm ist, so wurden die früheren wasserreicheren Entwicklungsstufen der Frucht für diese Untersuchung bevorzugt. Eine gleichmäßige Ausdehnung der Bearbeitung auf alle Reifestadien war durch die mit Ausführung der Trocknungs- und Keimversuche einhergehende Zeitbeanspruchung nicht durchzuführen. Gegen die Verwendung gelbreifen Versuchsmaterials wird sich eine Einwendung schon deshalb nicht erheben lassen, weil nach praktischer Erfahrung und verschiedenen Untersuchungen das Stadium der Gelbreife das für die Ernte empfehlenswerteste ist. Aber da wohl in jedem, besonders gelbreif geschnittenen Posten Getreide auch eine Masse weniger ausgereifter Körner zu finden ist, die besonders bei zwiewüchsigem Fruchtstand auf dem Feld einen großen Prozentsatz der Ernte ausmachen können, so auch erschien die Einbeziehung des grünreifen Materials von praktischem Interesse zu sein. Daß solche Körner völlig keimfähig sind, ist durch die Untersuchungen von Lukanus, Hosäus, Tautphöus, Nowacki, Schröter, Hellriegel u. a. hinlänglich nachgewiesen; dagegen wurden noch wenige Versuche in der hier ver-

folgten Richtung damit angestellt. Zur Vervollständigung der Arbeit schien auch eine Berücksichtigung verschiedener Ernte- und Aufbewahrungsmethoden bei der Versuchsanstellung geboten, wenigstens insofern, als bestimmte natürliche Verschiedenheiten in ihrer Wirkung auf das Erntematerial in Frage kommen.

Bezüglich der Technik der Versuchsanstellung sei vorausbemerkt, daß genau dieselben Arbeitsmethoden wie für die früheren Versuche in Anwendung kamen. Dies gilt insbesondere für die Wasserbestimmung, welche hier einige Schwierigkeiten insofern machte, als das meist sehr wasserreiche Material in heißer Jahreszeit gewonnen und daher zur Vermeidung der Verdunstung sehr rasch verarbeitet werden mußte. In der Regel mußte das Material auch vorgetrocknet werden, damit es sich zur Ausführung der endgültigen Wasserbestimmung schroten ließ. Diese Vertrocknung geschah teils bei Zimmertemperatur, teils in einem einfachen Trockenschrank bei 40—60 Wärmegraden. — Die Keimprüfung erfolgte ebenfalls in der früher beschriebenen Weise; doch mußte, da das frische Material äußerst ungleichmäßig keimt, von einer Feststellung der zulässigen Differenz in den Ergebnissen der Einzelversuche Abstand genommen werden. Nachdem im Versuchsbericht die jeweilige Latitude angegeben ist, und die Mehrzahl der Versuche vierfach ausgeführt sind, so kann die Verwertung einzelner stärker abweichender Versuche keinem Bedenken unterliegen. Dieso geringe Übereinstimmung in den Einzelversuchen mit schlecht keimendem Material beruht auf keiner Zufälligkeit, sondern entspricht den von H. Rodewald („Zur Methodik der Keimprüfungen"; Landw. Versuchsstationen, 1898) aufgedeckten Gesetzmäßigkoiten, wornach der Fehler einer Keimprüfung abhängig ist von der Höhe der Keimfähigkeit der zu prüfenden Saat. Am größten ist der Fehler einer Keimprüfung, wenn die Keimfähigkeit 50 % beträgt, am kleinsten, wenn sie 100 oder 0 ist. Wenn die Methode der Keimprüfung bei verschiedener Höhe der Keimfähigkeit mit gleicher Sicherheit arbeiten soll, so müssen die Spielräume sich mit der Keimfähigkeit in derselben Weise ändern, wie der mitlere Fehler, das heißt, je geringer die Keimfähigkeit innerhalb der Grenzen von 50 % und 100 % ist, eine desto größere Latitude zwischen den einzelnen Ergebnissen der Versuche ist wahrscheinlich und einzuräumen. — Die langsam keimenden Samen wurden in der Regel bis zum 30., 40. und 50. Tag beobachtet. Wenn auch bis dahin in einzelnen Fällen

noch nicht alle ungekeimten Körner verfault waren, so mußten die Versuche doch mit Rücksicht auf den verfügbaren Platz abgebrochen werden. Eine prinzipielle Änderung der Resultate hätten die etwa nachträglich keimenden Körner in keinem Fall mehr herbeigeführt; außerdem wäre das Ergebnis der über den 30. Tag ausgedehnten Beobachtung auch insofern nicht einwandfrei, als später das Keimgut unter dem Einfluß einer üppigen Pilzvegetation steht, welcher wohl auch noch gesunde Körner erliegen.

Bei der künstlichen Trocknung kam der früher beschriebene Trockenapparat zur Verwendung, und zwar wurde er jedesmal mit 50—60 g Körnern beschickt, welche eine einfache Schicht auf der Darrhorde bildeten. Nachdem durch die früheren Versuche ermittelt worden war, daß eine zweistündige Einwirkung der Heizluft von 64 ⁰ von den lufttrockenen Gerstenkörnern gerade noch ohne besondere Schädigung ertragen wurde, so war damit die obere Grenze für die anzuwendenden Temperaturen gegeben. Als weitere Methoden wurde eine vierstündige Trocknung bei 54 ⁰, und eine 16stündige bei 34 ⁰ (33—35 ⁰) gewählt. Der Einfachheit halber sind in den nachfolgenden Berichten die verschiedenen Trocknungsmethoden durch Ziffern ausgedrückt. Es bedeutet:

0 = nicht künstlich getrocknet,
1 = 16 Stunden lang getrocknet bei 34⁰,
2 = 4 „ „ „ „ 54⁰,
3 = 2 „ „ „ „ 64⁰.

Für die Wahl dieser Abstufungen war auch noch der praktische Gesichtspunkt maßgebend, daß damit der Wassergehalt der Körner auf die bei der Mehrzahl aller Versuche annähernd gleiche Höhe von 8—10 ⁰/₀ herabgedrückt wurde, ein Wassergehalt, der nach anderen Mitteilungen (Haberlandt, Hoffmann, vergl. Seite 5) das Getreide als lagerfest erscheinen läßt.

Das Material für die Versuche bildete Landgerste von drei verschiedenen Feldern, schwedische Prinzeßgerste und Webbs grannenabwerfende Gerste, sämtliche auf Feldern des K. Staatsgutes Weihenstephan gebaut. Es wurden von den einzelnen Sorten gleichmäßige Ähren der verschiedenen Reifegrade auf dem Feld mit tunlichster Beschleunigung abgeschnitten, zu Hause einer sorgfältigen Nachlese unterworfen, um möglichst gleich reifes Material zu

gewinnen, sodann die Ähren entkörnt, soweit der Versuchszweck nicht ein anderes Vorgehen erforderte, gut gemischt, abgesiebt zur Entfernung aller schlecht ausgebildeten Körner, sowie nochmals durchgelesen, und dann zu den Versuchen verwendet. Als Reifegrade wurden unterschieden:

Grünreife, wenn die Spelzen, Grannen und oberen Halmglieder noch zum größeren Teil grün sind und das Korn weich und milchig ist;

Gelbreife, wenn das Chlorophyll größtenteils aus den Spelzen verschwunden ist, während der Kern zusammenhängend und zäh wird;

Vollreife, wenn Ähren- und Stengelteile die Farbe reifen Strohes bekommen, und das Korn hart wird, aber noch biegsam ist und den Eindruck des Nagels annimmt;

Totreife, bei welcher sich die Strohteile bereits bräunen, die Körner sehr leicht von der Spindel abbrechen und unbiegsam und so hart werden, daß sie mit dem Nagel nicht mehr eingedrückt werden können.

Diese vier Zustände sind natürlich nicht durch scharfe Grenzen getrennt, sondern gehen allmählich in einander über; es ist deshalb auch bei größter Vorsicht in der Auswahl wohl kaum möglich, lauter vollständig gleich entwickelte Körner zu erhalten, zumal ja an derselben Spindel die Gipfel- und Basalkörner schneller reifen als die Mittelkörner der Ähre; sondern man muß sich eben mit einem guten Durchschnittscharakter der Probe begnügen. Die angegebenen und der Vorbereitung des Versuchsmaterials zugrunde gelegten charakteristischen Kennzeichen jedes Reifegrads decken sich ungefähr mit den von Nowacki („Getreidebau", S. 133 ff.) angegebenen Merkmalen, ebenso auch der Wassergehalt, wie nachfolgende Zusammenstellung der bei den vorliegenden Versuchen erhaltenen Resultate ergibt:

	Grün (Übergang)	Gelb (Übergang)	Voll (Übergang)	Totreif
Webbs grannenabwerfende Gerste	46,35	40,6	30,25	16,35
Prinzeßgerste	47,4	35,2	19,93	
Landgerste 1	44,7	37,4	18,5	
„ 2	43,8		19,63	
„ 3	43,62		20,74	

Diese Zahlen zeigen, daß die Differenzen im Wassergehalt der verschiedenen Reifestadien groß genug sind, um damit eine derartige Unterscheidung begründen zu können; gleichzeitig zeigen sie bei den verschiedenen Landgerstenproben innerhalb des gleichen Reifegrades genug Übereinstimmung, um deren gemeinschaftliche Verarbeitung zu erlauben. Der Einfachheit halber sind im nachfolgenden die eigentlich zwischen Voll- und Totreife gewonnenen Gerstenproben bei Prinzeßgerste und Landgerste stets als „vollreif" bezeichnet.

Wirkung der Trocknung unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Die nachfolgend mitzuteilenden Zahlen wurden gewonnen durch Versuche mit Material, das unmittelbar nach dem Schnitt entkörnt und in dünner Schicht auf Papiertellern an einem luftigen Platz des Arbeitszimmers in der Nähe eines offenen Fensters aufgestellt war. Da in der Arbeitsperiode: Ende Juli und anfangs August die Luft trocken und warm war, so trockneten die Körner ziemlich rasch, obwohl eine Besonnung nicht stattfinden konnte. Die zu Versuch 6—9 verwendeten Körner wurden während der ersten drei Tage nach dem Schnitt in einer flachen Blechwanne bei einkörniger Schicht im Freien an der Südseite eines Gebäudes einer sechs- bis achtstündigen Bestrahlung durch die Julisonne ausgesetzt und über Nacht jedesmal wieder ins Zimmer gestellt. Nach

dem dritten Tage blieben die Körner im Zimmer und wurden aufbewahrt wie die übrigen. Nachdem sämtliche Körner nach etwa achttägiger Lagerung lufttrocken geworden waren, wurden sie in weite Papiersäcke geschüttet und nebeneinander auf einem Regal aufgestellt. In jeder Düte befanden sich 200—300 g lufttrockene Körner und bildeten eine Lagerungsschicht von etwa 1 cm Höhe; die Papiersäcke blieben offen, so daß keinerlei auf mangelnder Durchlüftung beruhende Benachteiligung des Versuchsmaterials eintreten konnte. Die zu Versuch 10—13 und 21, 22 verwendeten Körner wurden unmittelbar nach dem Schnitt in ein verschlossenes Glas gebracht, durch dessen Kork ein Thermometer in das Innere geführt war; das Glas wurde dann in einen mit Sägespänen gefüllten Holzeimer eingebaut, und nur zur Entnahme der Körner jeweils kurze Zeit geöffnet. Eine Differenz zwischen der Temperatur im Glase und im Zimmer konnte nicht beobachtet werden. Doch entwickelte sich vom zweiten Tage ab im Glase ein schwachsäuerlicher, und später ein an Fruchtäther erinnernder Geruch; nach dem achten Tage begannen sich die Körner etwas zu bräunen und schwach faulig zu riechen. Nach dem 20. Tage zeigte sich reichliche Schimmelbildung.

Die in der Tabelle angegebenen Wassergehalte der Samen beziehen sich auf den Zustand bei der Ernte. Die von gleichen Feldern stammenden Proben von Landgerste sind zusammengestellt, so daß Nr. 1—22, 23—29, 30—40 je auf dem gleichen Felde gewachsen sind. (Siehe nachfolgende Tabellen.)

Die Beobachtung der frischen, unmittelbar nach dem Schnitt in das Keimbett gebrachten Körner zeigte nun, daß sie nach ein bis zwei Tagen von Tropfen besetzt schienen; diese verdanken ihre Entstehung jedenfalls der infolge von Temperaturschwankungen im Arbeitsraum eintretenden Kondensation von Wasserdampf in den mit Feuchtigkeit gesättigten Räumen zwischen den Filtrierpapierblättern des Keimbetts. Da solche Tropfen bei rasch quellender und keimender Gerste in der Regel nicht zur Beobachtung kamen, so ist ihr Auftreten jedenfalls ein Zeichen verlangsamter Wasseraufnahme durch die Körner. Vom dritten Tage ab zeigten sich bei einzelnen Körnern glasklare, gelbliche Tropfen am Keimlingsende (C. Kraus hat — a. a. O. — diese Erscheinung ebenfalls beobachtet); dies wurde nicht nur bei Körnern bemerkt, die kurz

Nummer	Beschaffenheit des Versuchsmaterials			Lagerzeit	Von 100 keimten nach Tagen							Bei Versuchsabschluß		Bemerkungen
	Sorte	Reifegrad	Wassergehalt %	Tage	2	3	5	10	20	30	40	Maximalzahl	Latitude %	
1	Landgerste	Grün	43,62	0			0,25	1	4,25	6,75		9	6	
2	"	"	43,62	1			1	1,75	4,5	9,25		13	8	Die Körner ständig im Schatten gehalten
3	"	"	43,62	2			1,5	2,75	7,25	11,75		16	8	
4	"	"	43,62	3			0	1,5	5,75	13,25		16	6	
5	"	"	43,62	8			13,75	15,75	19,75	26,5		32	9	
6	"	"	43,62	1			0,25	1,75	5,25	8,0		11	3	Die Körner 3 Tg. in die Sonne gelegt, dann im Schatten aufbewahrt
7	"	"	43,62	2			0,25	13,5	23,1	29,25		32	9	
8	"	"	43,62	3			0,5	23,75	35,75	42,25		51	21	
9	"	"	43,62	8			13,25	22,75	36,25	43,25		54	18	
10	"	"	43,62	1			2,25	5	9,5	12,5		17	12	Die Körner luftdicht verschlossen aufbewahrt
11	"	"	43,62	2			3,75	18,5	21,75	23,5		29	11	
12	"	"	43,62	3			7,25	20,5	21,75	22,25		23	5	
13	"	"	43,62	8			17,25	19,5	20	20,25		24	9	
14	"	"	43,62	15			18,66	30,66	46,66	66		72	9	
15	"	"	43,62	27			27,23	57,25	71,75	71,75		76	7	
16	"	"	43,62	36	5		75	87	88,5			91	7	
17	"	"	43,62	68	85,5	98,75		99,25				100	2	

18	Landgerste	Vollreif	20,74	8			32,5	36,25	42,75	49		53	6	
19	"	"	20,74	20		32,5	54,0	65,75	69,5			75	10	
20	"	"	20,74	28	38,0	93	93	96,0	97,5			98	1	
21	"	"	20,74	54	95,75	100		100				100	0	
22	"	"	20,74	61	97,75	99,5		99,5				100	1	
23	"	Grün	44,7	3			0,5	14,5	26,5	30,5	34	35	2	
24	"	"	44,7	41		80,5	82	88	93			93	0	
25	"	"	44,7	5 Monate	99	99		99,5				100	2	
26	"	Gelb	37,4	3 Tage			5	19,5	29,5	36,5	48	49	2	
27	"	"	37,4	41 "		73,5	79,5	88	92			97	10	
28	"	"	37,4	69 "	97	98		99,5				100	1	
29	"	"	37,4	5 Monate	100			100				100	0	
30	"	Grün	43,8	1 Tag			3,75	25	58,25	65	68	75	14	
31	"	"	43,8	2 Tage			6	48	73	83	87,5	91	7	
32	"	"	43,8	2 "			12,5	42	68	71	73	75	4	Luftdicht verschlossen aufbewahrt
33	"	"	43,8	3 "			28,5	55,5	80	86,5	89	89	0	
34	"	"	43,8	4½ Mte.	100			100				100	0	
35	"	Vollreif	19,63	17 Tage		16,5	31,5	70,5	96	96,5		97	1	
36	"	"	19,63	21 "		31,5	62,5	89,5	95,5	97		98	2	
37	"	"	19,63	4½ Mte.	99,5	100		100				100	0	
38	"	"	18,5	15 Tage	6	15,5	31,5	46,5	66,5	80		84	8	
39	"	"	18,5	63 "	97,5	99,5		99,5				100	1	
40	"	"	18,5	5 Monate	100			100				100	0	
41	Webbs Gerste	Grün	46,35	0 Tage			5	11	19	21	23,5	25	3	
42	"	"	46,35	16 "		10	15	37	61	71		72	2	
43	"	"	46,35	19 "		3	10	32	71	74		77	6	

Nummer	Beschaffenheit des Versuchsmaterials			Lagerzeit	Von 100 keimten nach Tagen							Bei Versuchsabschluß		Bemerkungen
	Sorte	Reifegrad	Wassergehalt %	Tage	2	3	5	10	20	30	40	Maximalzahl	Latitude %	
44	Webbs Gerste	Gelb	40,6	35		99	99,5	100				100	0	
45	"	Vollreif	30,25	19		24,5	39	65	71,5	76,5		77	1	
46	"	"	30,25	32		86,5	89	90	93			93	0	
47	"	Totreif	16,35	14		9	18,5	41,5	52,5	68,5		69	1	
48	"	"	16,35	34		78	84	92,5				93	1	
49	Prinzeßgerste	Grün	47,4	2			4,5	15	21	22,5		23	1	
50	"	"	47,4	5½ Mte.	97,5	99		99,5				100	1	
51	"	Gelb	35,2	7 Tage			9,5	16	43	49,5	56	58	2	
52	"	Gelbreif	35,2	62 "	98,5	99,5		99,5				100	1	
53	"	Gelb	35,2	5½ Mte.	99	99,5		99,5				100	1	
54	"	Vollreif	19,93	27 Tage		90,5	93	95,5		97		97	0	
55	"	"	19,93	62 "	99,5	100		100				100	0	
56	"	"	19,93	5½ Mte.	98,5	99,5		99,5				100	1	

nach dem Schnitt ins Keimbett kamen, sondern auch in vereinzelten Fällen bei solchen, die bereits eine mehr als einmonatliche Lagerzeit durchgemacht hatten. Vereinzelte Körner zeigten schon wenige Tage nach dem Einlegen ins Keimbett Pilzbefall; die Mehrzahl blieb bis etwa zum 20. Tage ziemlich rein. Darnach vermehrten sich aber die Pilze rasch und insbesondere trat etwa nach 30 Tagen so reichliche Schimmelbildung bei vielen Körnern auf, daß die Beobachtung meistens abgebrochen werden mußte.

Die Zahlen bestätigen zunächst die Erfahrung, daß kurz nach dem Schnitt die Gerste eine äußerst mangelhafte Keimkraft zeigt. Dies gilt für alle Stadien der Schnittreife, wenn auch in einigen Fällen die entwickelteren Körner etwas besser gekeimt haben als die unreiferen (Vergl. Versuch 5 und 9 mit 18; 23 mit 26). Die Keimkraft wird umso größer, je mehr Tage zwischen dem Schnitt und der Einlegung ins Keimbett liegen, eine je längere Lagerzeit also die Körner seit dem Schnitt durchgemacht haben. Es kommen zwar bei längerem Liegen im Keimbett allmählich auch mehr Samen zur Ankeimung; aber beim Liegen an der Luft schreitet die Lagerreife rascher vor als im Keimbett.

Dies zeigen folgende Zahlen:

Nummer des Versuchs	Lagerzeit	Keimzeit	Lagerzeit + Keimzeit	Gekeimt %
1	0 Tage	20 Tage	20 Tage	0,25
14	15 „	5 „	20 „	18,25
4	3 „	10 „	13 „	1,5
5	8 „	5 „	13 „	13,75
18	8 „	30 „	38 „	49
20	28 „	10 „	38 „	96
47	14 „	30 „	44 „	68,5
48	34 „	10 „	44 „	92,5

Daß dieser Fortschritt in der „Keimreife“, wenn dieser Ausdruck für den jeweiligen Stand der Keimkraft in der Zeit unmittelbar nach dem Schnitt bis zum Eintritt des Höchstbetrags der Keimungsenergie erlaubt ist, von der Art der Lagerung beeinflußt ist, lehrt ein Vergleich der Versuche 1—5 mit 6—9, wornach infolge der Besonnung die Keimungsgeschwindigkeit rascher gesteigert wurde, als bei im Schatten gelagerten Körnern. Und zwar hat die eintägige Einwirkung der Sonnenstrahlen keinen Einfluß ausgeübt; durch eine zweitägige und noch mehr durch eine dreitägige Besonnung wurde die Keimkraft beträchtlich erhöht. Während der weiteren fünftägigen Lagerung im Schatten vermehrte sich noch die Zahl der bis zum fünften Tage gekeimten Körner, während vom zehnten Tage der Keimprüfung ab das drei Tage gelagerte Keimgut fast die nämlichen Zahlen ergab, wie das achttägige. Hingegen verbesserte sich die ständig im Schatten gelegene Gerste auch während der Zeit vom vierten bis achten Tage der Lagerung, ohne aber die besonnte Gerste einzuholen. Es scheint somit durch die Besonnung die Keimreifung beschleunigt zu werden, jodoch nur auf Kosten der späteren Fortschrittsgeschwindigkeit. Daß die Verbesserung der Keimkraft bei der Lagerung nicht auf der Austrocknung der Körner beruht, wie man annehmen könnte, und wie besonders der Besonnungsversuch zu zeigen scheint, ist durch die Versuche mit der in eine Flasche luftdicht eingeschlossenen Gerste Nr. 10—13 dargetan. Denn diese Körner konnten während der Lagerung kein Wasser abgeben, und doch verbesserte sich deren Keimkraft von Tag zu Tag und zwar zunächst sogar in größerem Maße als bei den im Schatten getrockneten Körnern. Der gleiche Fortschritt in der Keimreife wird auch durch die Versuche 32 und 33 gezeigt, nur daß sich hier die Keimgeschwindigkeit noch schneller erhöht, entsprechend der von vornherein besseren Keimkraft dieser Gerste. Diese Beobachtungen an ganz frischer, sehr wasserreicher und unreifer Gerste ergänzen und bestätigen in wirksamster Weise die von Wichmann gemachten Versuche mit schon etwas abgelagerter, lufttrockener und jedenfalls reif geernteter Frucht, und widerlegen gleichzeitig die Meinung von dem bestimmenden Einfluß der Wasserabgabe auf die Lagerreife.

Als weiteres Ergebnis der Versuche ist hervorzuheben, daß die Keimkraft unmittelbar nach dem Schnitt von Sorte zu Sorte verschieden ist, wofür folgende Zahlen als Beleg dienen:

Gerstensorte	Versuchs-Nr.	Lagerzeit Tage	gekeimt nach Tagen			
			5	10	20	30
Landgerste grün . .	1	0	0,25	1	4,25	6,75
Webbs Gerste „ . .	41	0	5	11	19	21
Landgerste „ . .	2	1	1	1,75	4,5	9,25
„ „ . .	30	1	3,75	25	58,25	65
„ „ . .	3	2	1,5	2,75	7,25	11,75
„ „ . .	31	2	6	48	73	83
Prinzeßgerste „ . .	49	2	4,5	15	21	22,5
Landgerste „ . .	4	3	0	1,5	5,75	13,25
„ „	23	5	0,5	14,5	26,5	30,5
Landgerste vollreif .	19	20	54,0	67,75	69,5	
Webbs Gerste „	43	19	39	65	71,5	67,5
Landgerste „ .	36	21	62,5	89,5		97

Diese Zusammenstellung bestätigt die bereits angeführte Beobachtung von C. Kraus („Untersuchungen über die Reifungsverhältnisse der Gerste“), wornach sich auch bei dessen Versuchen die verschiedenen Sorten gegenüber den Keimungsbedingungen sehr verschieden verhalten haben.

Aus den obigen Zahlen geht aber noch weiter hervor (Versuch 2, 3, 19 gegenüber 30, 31, 36; 1, 19 gegenüber 41, 43), daß die einer Probe innewohnende Keimkraft verhältnismäßig in allen Stadien der Keimreife zum Ausdruck kommt, daß also von Anfang an schwach keimende Gersten auch später mangelhafter keimen als andere, die von Anfang an eine größere Keimungsenergie zeigten. **Es scheinen diese Unterschiede sogar in die Zeit der vollendeten** Keimreife hineinzureichen (vergl. Versuche 17, 22 gegenüber 34, 37), wenn auch die hier zu beobachtenden Differenzen noch in die Versuchsfehlergrenzen fallen.

Mit der Dauer der Lagerung vergrößert sich die Keimungsgeschwindigkeit und die Anzahl der bei 30tägiger Beobachtungszeit überhaupt keimenden Körner. Bei einzelnen Proben (35, 36) keimten schon nach 17—21tägiger Lagerung über 95 %, während

andere Proben desselben Reifegrades (19, 45) um diese Zeit erst 70—75 Keimlinge lieferten. Nach vier- bis fünfwöchiger Lagerung hatte die Mehrzahl der Proben in 20 Keimtagen zu über 90 % gekeimt; nach 54—70 Tagen schien die Keimreife soweit vollendet zu sein, daß in drei Tagen nahezu alle Körner (98—100 %) zur Ankeimung kamen. Es ist von Interesse festzustellen, daß auch die grün- und gelbreif geernteten Körner bis zu diesem Zeitpunkt keimreif geworden sind, und daß bei einer späteren Keimprüfung ein Einfluß der Feldreife auf das Keimprozent durch die vorliegenden Versuche nicht zu beweisen ist. Daß ein Ansaatversuch in Erde (vergl. Hellriegel, „Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus“, 1883) zu anderen Resultaten führen kann, als ein Keimversuch unter den günstigen Bedingungen des Filtrierpapierkeimbettes, liegt jedenfalls nicht an der mangelhaften Keimkraft unreif geernteter Samen an sich, sondern der zu geringen Widerstandsfähigkeit von aus solchen Samen erzielten Keimlingen gegenüber den im Boden wirksamen äußeren Verhältnissen. (Vergl. hierzu Wollny, „Saat und Pflege“, S. 133.)

Um die zur Beurteilung der Versuchsergebnisse notwendigen Anhaltspunkte über den Einfluß der längeren oder kürzeren Verbindung zwischen Ähre und Korn zu erhalten, wurde eine Probe grünreif geerntete Landgerste geteilt, zur Hälfte sofort entkörnt (A), zur anderen Hälfte (B) erst am vierten Tage nach dem Schnitt.

Die Keimprüfungen führten zu folgenden Zahlen:

Art der Aufbewahrung	Lagerzeit Tage	Gekeimt nach Tagen								
		2	3	4	5	6	10	15	20	30
A	15				18,66		30,66		44,66	66
B	15				23,75		29,0	32,5	38,75	48,75
A	36	5			75		87		88,5	
B	36	37,5		94,0		96,5	96,75	97,0		
A	61	28,0	73,5	86,25			93			
B	61	84	98,5	99,25			99,5			

Während demnach nach 15tägiger Lagerung die sofort entkörnte Probe eine bessere Keimkraft zeigte, als die länger an der Ähre belassene, kehrte sich das Verhältnis später um, und es zeigte sich in Übereinstimmung mit den Versuchen von Hellriegel, Lukanus u. a. die günstige Wirkung einer dreitägigen Nachreife auf die Keimfähigkeit der Körner.

Die Ergebnisse dieser Keimversuche lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Unmittelbar nach dem Schnitt keimt die Gerste sehr schlecht.
2. Die Keimfähigkeit verbessert sich von Tag zu Tag, so daß in der Regel nach zweimonatlicher Lagerzeit die größte Keimungsenergie erreicht ist.
3. Der Grad der Feldreife der Körner ist von geringerem Einfluß auf die anfängliche und spätere Keimgeschwindigkeit.
4. Der ursprüngliche und der bei gewöhnlicher Temperatur veränderte Wassergehalt der Körner ist nicht von nachweisbarer Bedeutung für den Stand und den Fortschritt der Keimkraft in jedem Stadium der Nachreifung.
5. Auch wenn die Wasserabgabe frischer Körner gehindert ist, zum Beispiel durch Einschluß, verbessert sich doch mit der Lagerung deren Keimungsenergie.
6. Beim Lagern an der Luft verbessert sich die Keimkraft rascher als im feuchten Keimbett.
7. Die Besonnung hat einen der Keimkraft förderlichen Einfluß ausgeübt.
8. Eine längere Verbindung zwischen Korn und Ähre nach dem Schnitt scheint auf die Keimungsenergie günstig einzuwirken.
9. Die Keimkraft verschiedener Sorten gleicher Feldreife und gleichen Alters

ist in jedem Stadium der Keimreifung (Nachreife) sehr ungleich.

10. Die einer Probe innewohnende Keimungsenergie kommt verhältnismäßig in jedem Stadium der Lagerreife zum Ausdruck.

Versuche zur Feldtrocknung und Einspeicherung der Gerste.

Die Ernte der Getreide findet unter verschiedenen natürlichen Bedingungen statt, deren Einwirkung durch technische Maßnahmen seitens der Landwirte ausgenützt und modifiziert wird. Der Drusch der Ernte wird entweder bald nach dem Schnitt, zuweilen noch auf dem Felde ausgeführt, teils nach längerer Lagerung der Getreide, die wiederum nach verschiedenen Methoden stattfinden kann. In der Landwirtschaft wird besonders der Einfluß von Sonne, Wind und Regen auf die Ernte Berücksichtigung zu finden haben, indem dieser so zu gestalten ist, daß die trocknende Wirkung der Besonnung und Lüftung möglichst gut ausgenützt wird, während dem Regen der Zugang zum geschnittenen Erntematerial tunlichst zu verwehren ist. Bezüglich der Aufbewahrung ist bei der Mehrzahl der Praktiker noch die Ansicht herrschend, daß gerade die Eigenschaften der Braugerste durch eine möglichst feste und lückenlose Einpackung der Gerste samt Stroh in den Scheunen, also durch das sogenannte Einbansen, günstig beeinflußt werden. Es ist die Erfahrung gemacht worden, daß einige Zeit nach der Ernte in diesem zusammengepackten Material eine Wärmesteigerung eintritt, und daß dabei Feuchtigkeit abgegeben wird — die Gerste gärt und schwitzt, wie man sagt; und bevor dieser Vorgang nicht zu einem gewissen Abschluß gebracht ist, solle man die Gerste nicht auseinandernehmen und dreschen, da sie sonst verderbe. Auch die Brauer und Mälzer stehen auf diesem Standpunkt bezüglich der Einlagerung der Gerste und des richtigen Zeitpunktes für den Drusch; und vielfach hört man die bei dieser ersten Lagerung sich abspielenden Vorgänge als eine Art Nachreifung bezeichnen, durch welche die gleichmäßige Keimung der Gerste und deren gute Vermälzbarkeit befördert werde. Nobbe äußert sich darüber auch einmal

(„Handbuch der Samenkunde", S. 382): „Es ist ferner eine wohlbegründete Regel, daß der Weizen vor dem Ausdrusch schwitzen muß". Wollny sagt („Saat und Pflege", S. 55) . . . . „daß in den in der Scheune aufbewahrten, fest zusammengepackten Pflanzenmassen sich infolge eines Gärungsprozesses Wärme entwickelt, durch welche das noch vorhandene überschüssige Wasser verdunstet wird. Es ist bekannt, daß selbst in der scheinbar vollständig trockenen Masse dadurch eine gewisse Temperatursteigerung hervorgerufen wird, sowie, daß diese umso höher ausfällt, je größer innerhalb gewisser Grenzen der Wassergehalt war". Wissenschaftliche Untersuchungen über die verschiedenen Erntemethoden und die Vorgänge zwischen Schnitt und Drusch der Getreide scheinen noch wenig gemacht zu sein, wenigstens ist mir noch nichts zu Gesicht gekommen außer der bereits zitierten Arbeit von C. Kraus: „Untersuchungen über die Reifungsverhältnisse der Gerste" (Ztschr. f. d. ges. Brauwesen, 1892 und 1893), sowie Untersuchungen von Grönlund (ebendort 1884 und 1886), die beide den Einfluß verschieden rascher Trocknung der Ernte auf die Mehlkörperstruktur der Gerste studierten.

Die nachfolgend mitzuteilenden Versuche sollen Beiträge zur Kenntnis der Wirkungen verschiedener Erntewitterung, verschiedenen Verlaufes der Trocknung und verschiedener Aufbewahrung auf die Keimung der Gerste liefern, wobei sie auf Vollständigkeit und systematische Durchführung schon deshalb keinen Anspruch machen können, weil derartige Versuchsanstellungen von zu vielen Nebenumständen, und zwar die der ersten Art insbesondere vom Wetter abhängen, so daß es nicht gelingt, alle Bedingungen zu beherrschen und gleichmäßig zu gestalten. Aus solchen Gründen mußten auch viele Versuche abgebrochen oder von der Bearbeitung ausgeschlossen werden.

Es soll zunächst an die auch hier einschlägigen früheren Mitteilungen über die Wirkungen der dreitägigen Besonnung auf die Zunahme der Keimkraft frisch geernteter Gerstenkörner, gegenüber der Austrocknung beim Lagern im Schatten erinnert werden.

Nachfolgend sei über einen Versuch berichtet, der ebenfalls mit grünreif geschnittener Landgerste — Wassergehalt 43,62 $^0/_0$ — angestellt wurde. Die mit einem Halmrest von etwa $^1/_3$ in Länge abgeschnittenen Ähren wurden teils drei Tage der Sonne ausgesetzt (I), teils an einem Nordfenster eines luftigen Speichers auf-

gehängt (II). Am vierten Tage wurden beide Partieen entkörnt und gleichmäßig im Zimmer luftig aufbewahrt. Die Keimprüfung ergab folgende Resultate:

Nummer	Trocknung der Probe	Lagerzeit Tage	Gekeimt von 100 Körnern nach					
			5	10	15	20	25	30
			Tagen					
I.	Sonne . . .	3	0	1,0	1,75	4,0	5,0	7,5
II.	Schatten .	3	0	1,75	2,5	4,25	6,0	9,75
I.	Sonne . . .	8	8,75	14,25	17,5	19,0	19,75	24,25
II.	Schatten .	8	0,75	1,25	2,25	3,75	5,0	7,75
I.	Sonne . .	15	23,75	29,0	32,5	38,75	45,0	48,75
II.	Schatten .	15	3,5	5,25	6,75	11,0	16,0	20,75

Nummer	Trocknung der Probe	Lagerzeit Tage	Gekeimt von 100 Körnern nach						
			2	3	4	6	10	15	20
			Tagen						
I.	Sonne . .	36	37,5		94,0	96,5	96,75	97,0	97,0
II.	Schatten	36	13		81	84,75	89,5	92,5	94,25
I.	Sonne . .	61	84	98,5	99,25		99,5		
II.	Schatten .	61	81	97,0	98,0		99,25		

Hier zeigte sich also, daß die von besonnten Ähren stammenden Körner in der Keimkraft zunächst viel rascher zunahmen, als die ständig im Schatten gehaltenen; die Differenzen glichen sich

aber bei zunehmender Lagerungsdauer mehr und mehr aus, so daß nach zweimonatlicher Lagerung die beiderlei Körner ungefähr die gleiche Keimkraft zeigten. Daß die dreitägige Besonnung der Ähren hier nicht gleich so stark beschleunigend auf die Keimgeschwindigkeit wirkte, wie bei dem früher mitgeteilten Versuch, beruht wohl zum Teil darauf, daß hier infolge wechselnder Bewölkung der Sonne nicht ständig und nicht so intensiv schien als dort; außerdem ist aber jedenfalls auch dem Zusammenhang zwischen Ähre und Korn ein gewisser Einfluß zuzuschreiben.

Auch der Wirkung des Luftabschlusses auf die Ausbildung der Keimreife ist früher schon gedacht; hier sollen noch einige mit dem nämlichen grünreifen Material erhaltene Zahlen, sowie ein Versuch, bei welchem vollreife Gerste mit einem Wassergehalt von 17,4 % acht Tage nach dem Schnitt in eine Flasche eingeschlossen wurde, Erwähnung finden.

Material	Lagerzeit Tage	Gekeimt von 100 Körnern nach					
		2	3	5	10	20	30
		Tagen					
a) grünreif, luftig gelagert	8			17,25	19,5	20	20,25
b) „ eingeschlossen	8			13,75	15,75	19,75	26,5
a)	15			18,26	30,66	46,66	66
b)	15			67	67,75	67,75	67,75
a)	27			27,25	57,25	71,75	71,75
b)	27			0	0	0	0
c) vollreif, luftig gelagert	20		32,5	54,0	65,75	69,5	
d) „ eingeschlossen 12 Tage	20		18,25	39,75	55,75	60,75	
c) vollreif, luftig aufbewahrt	61	97,75	99,5		99,5		
d) vollreif, eingeschlossen 53 Tage	61	91,0	99,0		99,5		

Es hat demnach der Luftabschluß bei der grünreifen Gerste bis zum 15. Tage eine Beschleunigung der Koimreifung bewirkt;

27 Tage nach dem Einschluß war das Material völlig verschimmelt und hatte die Keimfähigkeit verloren. Die lufttrockene vollreife Gerste wurde durch den Luftabschluß zunächst etwas zurückgesetzt in der Keimungsgeschwindigkeit; es schritt die Keimkraft aber trotzdem fort, so daß sich nach 61tägiger Lagerung dasselbe Keimprozent ergab, wie bei der luftig gelagerten Probe. Die beiden Versuche sind nicht hinlänglich, um ein Bild von den Veränderungen bei verschiedener Art der Lagerung zu geben; sie beweisen aber deutlich, daß der Fortschritt der Keimreife auch in späteren Stadien der Lagerung mit der Wasserabgabe nichts zu tun hat, wie dies auch für die ersten Lagerungstage nachgewiesen ist. Weiter beweisen beide Versuche, daß die Körner eine sehr lange Zeit der Einschließung auch bei einigem Feuchtigkeitsgehalt vertragen; und der erste Versuch macht es wahrscheinlich, daß nicht der Luftabschluß an sich, sondern die durch einen höheren Wassergehalt begünstigte Entwicklung von Pilzen das Leben zerstört. Auf derartige durch Pilze verursachte Zersetzungsvorgänge weist auch der eigenartig dumpfige Geruch hin, den alle bei ungenügendem Luftzutritt gelagerten Samen mit höherem Feuchtigkeitsgehalt annehmen. Eine gründliche Untersuchung dieser Verhältnisse verspräche für die wissenschaftliche Erkenntnis wie für die Ausgestaltung der Aufbewahrungsmethoden der Körnerfrüchte in der Praxis viel Gewinn.

Auch die in nachfolgender Zusammenstellung mitgeteilten Keimversuche sind hier einschlägig. Es wurden hierbei die Ähren unmittelbar nach der Ernte entkörnt, und von den Körnern die eine Partie jeweils während der ersten drei Tage an ein offenes Südfenster in die Sonne gelegt, und die anderen an einem Nordfenster im Schatten ausgebreitet. Vom vierten Tage ab erfolgte die Aufbewahrung beider Partien gleichmäßig im Schatten. Ein Teil der Körner wurde nach den früheren Methoden bei 33,55 und 65 ⁰ (1, 2, 3) künstlich getrocknet. Die Keimprüfung geschah teils vor, teils nach Erreichung der vollen Lagerreife; bei einer Anzahl von Proben wurde die Keimkraft in beiden Zuständen geprüft.

(Siehe nächstfolgende Tabellen.)

Diese Versuche bestätigen die Ergebnisse der vorher (S. 92) mitgeteilten, wornach die verschiedenen natürlichen Trocknungsmethoden für die Keimkraft der Gersten nach Eintritt der vollen

Lagerreife praktisch belanglos sind. Eine Voraussetzung für diese Folgerung ist allerdings, daß die Aufbewahrung der Körner bis zur Keimprüfung so erfolgt, daß nicht dadurch eine Schädigung veranlaßt wird. Hat somit die Gerste Gelegenheit, bei der Lagerung gut auszutrocknen, so ist es gleichgültig, ob das Erntewetter sonnig oder trübe ist, und ob die natürliche Trocknung im Schatten oder in der Sonne erfolgte. Auch die Keimung der künstlich getrockneten Gersten beider Versuchsreihen läßt keine Schlüsse zu, die zugunsten der einen oder anderen natürlichen Trocknungsmethode sprächen. Dies Ergebnis ist insofern von einer gewissen Bedeutung, als bei einzelnen Erntemethoden, bei welchen die Gerste nach dem Schnitt in kleine Garben gebunden, in Puppen zusammengestellt und eventuell noch mit einer Sturzgarbe überdeckt wird. In diesen Fällen unterliegen die nach außen gekehrten Ähren der Besonnung, die bedeckten oder nach innen gewendeten trocknen im Schatten. Es wäre mißlich, wenn dadurch Verschiedenheiten in der Keimfähigkeit der Gersten verursacht würden, und eine Ungleichmäßigkeit im Keimverlauf würde entschieden dazu zwingen, diese Aufstellung der Gerste nach dem Schnitt zu unterlassen. Das Ergebnis der vorstehenden Versuche zeigt, daß derartige Folgen dieser Erntemethode nicht zu fürchten sind, so daß die sonstigen, hier nicht zu erörternden Vorteile des Aufstellens der Gerste ohne Bedenken ausgenützt werden dürfen.

Im nachfolgenden soll noch über einige Versuche zu den Ernte- und Aufbewahrungsmethoden berichtet werden, die im Herbst 1901 angestellt worden sind. Es sollte dadurch ein Beitrag gewonnen werden zur Entscheidung der Fragen, ob die Feldtrocknung in Schwaden oder in Puppen mit oder ohne Sturzgarbe einen Einfluß auf die Keimfähigkeit habe; ob ferner durch die Zeit des Drusches, und die Art der Aufbewahrung der Gerste vor dem Drusch irgendwelche nachweisbare Differenzen in den Eigenschaften der Gerste bewirkt werden. Als Versuchsmaterial wurden zwei Gerstensorten des gleichen Anbaufeldes genommen, nämlich schwedische Prinzeßgerste und Goldthorpegerste.

Der Schnitt erfolgte zu Beginn der Gelbreife am 10. August mit der Sense. Durch Aufraffen an verschiedenen Stellen längs der Mahden wurde sofort nach dem Schnitt eine Anzahl von Durchschnittsgarben gewonnen, die gleichmäßige Halme aus den verschiedensten Feldlagen enthielten. Diese Durchschnittsproben wurden

A. I. Keim=

Nummer	Beschaffenheit des Versuchsmaterials			Lagerzeit (Tage) bis zur		Trocknungsart
	Sorte	Reifegrad	Natürliche Trocknung	Trocknung	Keim= prüfung	
1	Landgerste	grünreif	schnell	—	41	0
2	"	"	"	39	41	1
3	"	"	"	39	41	2
4	"	"	"	39	41	3
5	"	"	langsam	—	41	0
6	"	"	"	40	41	1
7	"	"	"	40	41	2
8	"	"	"	40	41	3
9	"	grünreif	schnell	—	2	0
10	"	"	"	2	2 1/2	1
11	"	"	"	2	2	2
12	"	"	"	2	2	3
13	"	"	langsam	—	11	0
14	"	"	"	8	11	1
15	"	"	"	8	11	2
16	"	"	"	8	11	3
17	"	vollreif	schnell	—	21	0
18	"	"	"	18	21	1
19	"	"	"	18	21	2
20	"	"	"	18	21	3
21	"	"	langsam	—	17	0
22	"	"	"	16	17	1
23	"	"	"	16	17	2
24	"	"	"	16	17	3

prüfung. II. Keimprüfung.

Von 100 keimten nach Tagen						Von den gekeimten wieder verdorben	Lagerzeit bis zur II. Keimprüfung	Von 100 keimten nach Tg.				Von den gekeimten wieder verdorben
2	3	5	10	20	30			1	2	3	10	
	74,5	78,5	81,5	93,5		0	5	21	95,5		95	0
	76	81	83,5	94		0	5	15	96,5	97	97	0
	23	34	45,5	76		0	5	13	97,5		97,5	0
	20	31,5	41,5	82		0	5	37	99		99	0
	80,5	82	85,5	93		0	5	29,5	99	99,5	99,5	0
	60,5	67	74	94		0	5	31	99,5		99,5	0
	19	31,7	43,5	79,5		0	5	31	100		100	0
	6	10	18,5	66		0	5	28	99		99,5	0
		6	48	73	83	0	4	1,5	100		100	0
		10	49,5	82,5	91	0	4	0,5	74	94,5	100	0
		0,5	35,5	82	89	0	4	0	68	96,5	99	0
		2	46,5	86	91	0	4	0	24	63,5	63,5	0
		6	40	67,5	72,5	0	4	1,5	100	100	100	0
		47	82	90,5	96	0	4	4	96	100	100	0
		18	49	73	83	0	4	3	99	100	100	0
		33,5	58	65,5	81,5	0	4	1	97	99,5	99,5	0
	31,5	62,5	89,5	95,5	97	0	4	2,5	96,5	99,5	100	0
	37	68,5	92	99	100	0	4	1,5	97,5	100	100	0
	8	50,5	91,5	96	98,5	0	4	4	97	100	100	0
	5	57,0	92	96	98	0	4	2,5	99	100	100	0
	16,5	31,5	70,5	96	96,5	0	4	11,5	99,5	100	100	0
	16	40	82	96,5	98,5	0	4	35	100	100	100	0
	1	17	34,5	89	94	0	4	6,5	100	100	100	0
	1,5	15,5	55	92	96,5	0	4	5,5	98	99	99	0

B

Nummer	Beschaffenheit des Versuchsmaterials					Von 100 keimten nach Tagen		
	Sorte	Reifegrad	Natürliche und künstliche Trocknung		Lagerzeit (Tage)	2	3	10
1	Prinzeßgerste	grünreif	schnell	0	63	94	98	99
2	"	"	"	1	63	99	99,5	100
3	"	"	"	2	63	94,5	98,5	99
4	"	"	"	3	63	97	99,5	99,5
5	"	"	langsam	0	63	98,5	99,5	99,5
6	"	"	"	1	63	99,5		99,5
7	"	"	"	2	63	97	98	98
8	"	"	"	3	63	97	98	98,5
9	"	gelbreif	schnell	0	62	98,5	99,5	99,5
10	"	"	"	1	62	98	99,5	99,5
11	"	"	"	2	62	98,5	100	100
12	"	"	"	3	62	99	99,5	99,5
13	"	"	langsam	0	62	98,5	100	100
14	"	"	"	1	62	99,5	99,5	99,5
15	"	"	"	2	62	98,5	100	100
16	"	"	"	3	62	98	99,5	100
17	Webbs Gerste	gelbreif	schnell	0	35		99	100
18	"	"	"	1	35		97	99
19	"	"	"	2	35		95	98
20	"	"	"	3	35		90,5	98,5
21	"	"	langsam	0	35		95,5	98
22	"	"	"	1	35		97,5	99,5
23	"	"	"	2	35		91,5	98
24	"	"	"	3	35		84	97,5

in Partien getrennt, von denen eine in Form eines Mähschwadens wieder auf das Feld niedergelegt wurde; eine andere wurde lose in kleine Garben von zirka 20—30 cm Durchmesser gebunden und je neun davon wurden mit den Ähren nach oben zu einer Puppe zusammengestellt. Über einige dieser Puppen wurde dann noch eine noch etwas größere, locker gebundene Garbe mit den Ähren zu unterst so übergestürzt, daß sie sämtliche Garbenköpfe und die Ähren der übrigen Gerste bedeckte, und eine Art Hut über die ganze Puppe bildete. Eine letzte Partie endlich wurde sofort nach dem Schnitt auf einem luftigen Speicher ausgebreitet. Das Wetter kurz nach dem Schnitt war veränderlich, und es regnete am ersten und am zweiten Tage etwas. Während der nächsten Tage war es vorwiegend sonnig und etwas windig. Am fünften Tage nach dem Schnitt war die Gerste praktisch trocken und wurde eingefahren. Von jeder Sorte und jeder Feldtrocknungsanordnung wurde nun eine Partie sofort gedroschen (August), die Körner (zirka $1^1/_2$—2 kg) in ein luftiges Säckchen getan und in das Arbeitszimmer gelegt. Der Rest wurde Mitte Januar gedroschen, nachdem er nach verschiedenen Methoden gelagert war. Die im Speicher sofort nach dem Schnitt aufgeschütteten Proben blieben in gleicher lockeren und luftigen Lagerung bis Januar. Je eine Probe der übrigen auf dem Feld getrockneten Partien wurde ebenfalls lose, und jede Garbe für sich und allseitig von Luft umspült, im Speicher aufbewahrt. Eine weitere Probenreihe wurde gut gebunden, mit dauerhafter Bezeichnung versehen und gleichzeitig mit der Unterbringung der Gerstenernte des K. Staatsgutes Weihenstephan mitten in einen sogenannten Stock, das heißt eine Scheunenabteilung, die völlig mit Getreide in enger, durch Niedertreten befestigter Lagerung vollgepackt wird, und vom Boden, Dach und Außenseiten des Stocks entfernt, verstaut oder eingebanst. Der Drusch dieser Proben konnte natürlich erst erfolgen, als im Januar das Staatsgut beim Gerstendrusch den Stock räumte. Sobald sich hierbei die Bündel zeigten, wurden sie entfernt, mit der Hand ausgedroschen und zur weiteren Behandlung ins Laboratorium gebracht. Gleichzeitig erfolgte auch die Verarbeitung der nicht eingebansten Proben. Die Feststellung des Wassergehalts, des Korn- und Hektolitergewichtes, sowie die Anstellung zur Keimprüfung aller Proben erfolgte unmittelbar nach dem Drusch, wobei zur raschesten Bewältigung der Arbeit verlässige Hilfsarbeitskräfte zugezogen werden mußten.

Nummer	Trocknungsmethode	Einspeicherung	Druschzeit
			I. Schwedische
1 a	lose auf dem Speicher	—	August
b	" " " "	lose auf dem Speicher	Januar
2 a	Feld, Schwaden	—	August
b	" "	lose auf dem Speicher	Januar
c	" "	fest im Stock verpackt	"
3 a	Feld, Puppe, ohne Sturzgarbe	—	August
b	" " " "	lose auf dem Speicher	Januar
c	" " " "	fest im Stock verpackt	"
4 a	Feld, Puppe, mit Sturzgarbe	—	August
b	" " " "	lose auf dem Speicher	Januar
c	" " " "	fest im Stock verpackt	"
			II. Goldthorpe=
1 a	lose auf dem Speicher	—	August
b	" " " "	lose auf dem Speicher	Januar
2 a	Feld, Schwaden	—	August
b	" "	lose auf dem Speicher	Januar
c	" "	fest im Stock verpackt	"
3 a	Feld, Puppe ohne Sturzgarbe	—	August
b	" " " "	lose auf dem Speicher	Januar
c	" " " "	fest im Stock verpackt	"
4 a	Feld, Puppe mit Sturzgarbe	—	August
b	" " " "	lose auf dem Speicher	Januar
c	" " " "	fest im Stock verpackt	"

Aufbewahrung der Körner	Wasser-gehalt %	100 Körner wiegen g	1 hl wiegt kg	% gekeimt nach Tagen 2	3	10
Prinzeßgerste.						
Laboratorium	11,79	35,10	65,05	81	90	92,5
	21,2	40,20	63,15	88	92,5	94,5
Laboratorium	11,48	34,94	63,4	93	95	96
	18,80	41,90	65,25	89,5	95,5	97
	15,48	36,7	63,8	97,5	99,5	100
Laboratorium	11,43	34,2	63,8	91,5	94,5	95,5
	19,00	41,1	64,8	92,5	96	97
	15,10	37,29	62,95	98	99	99,5
Laboratorium	11,61	34,6	63,8	90	93	94,5
	19,75	39,64	62,95	91	94	96
	15,43	36,28	63,4	99	100	100
Gerste.						
Laboratorium	11,60	37,3	63,15	66	91,5	94,5
	20,80	41,88	62,55	85,5	92	95,5
Laboratorium	11,66	37,9	62,15	84	89	92,5
	20,00	42,50	62,75	87	94,5	98,5
	15,57	39,74	61,95	96	98,5	99
Laboratorium	11,00	37,2	62,15	83,5	89	92
	20,71	42,8	61,5	90	94	96,5
	15,62	38,74	61,3	93	99	99,5
Laboratorium	11,58	38,8	62,55	81	91,5	94,5
	21,25	41,74	62,55	88,5	93,5	96
	15,52	41,23	62,75	95	99	99

Betrachten wir zunächst den festgestellten Wassergehalt der einzelnen Proben, so zeigt sich, was ja von vornherein verständlich ist, daß die im geheizten Arbeitszimmer aufbewahrten Proben äußerst trocken waren, und nur 11—11 $^{3}/_{4}$ % Feuchtigkeit enthielten. Am wasserreichsten dagegen zeigten sich die Proben, die locker auf dem Speicher aufbewahrt wurden. Es ist zu erwähnen, daß die Lagerung hier an und für sich eine trockene war, das heißt der Lagerraum war vollkommen trocken und luftig, und der Zutritt tropfbar flüssigen Wassers war ausgeschlossen. Der hohe Feuchtigkeitsgehalt der hier verstauten Gerste kann somit nur von hygroskopischer Anziehung und Festhaltung rühren; dafür spricht auch, daß bei diesen Proben die relativ größten Differenzen im Wassergehalt (18—21 %) auftreten. Die im Stock eingebansten Proben zeigten mit äußerst geringer gegenseitiger Abweichung einen Wassergehalt von 15 $^{1}/_{2}$ %, eine Höhe, die nach sonstigen ausgedehnten Erfahrungen des Versuchsanstellers einer gesunden Gerste letzter Ernte in den Wintermonaten völlig entspricht und deren Lagerung im ausgedroschenen Zustand unter den in der Landwirtschaft üblichen Bedingungen erlaubt. Diese Gleichmäßigkeit im Wassergehalt der eingebansten Gersten, die unabhängig von Sorte und Erntemethode rein durchschlägt, spricht sehr zugunsten dieser Aufbewahrungsart und verdient deshalb besonders hervorgehoben zu werden. Daß dagegen die unter dem Einfluß der Hygroskopizität durch die Luftfeuchtigkeit stark beeinflußte lockere Lagerung des Erntematerials zu einer besonders aufmerksamen Behandlung der erdroschenen wasserreichen Gerste veranlaßt, ist einleuchtend; außerdem ist aber noch der Schluß zuläßig, daß dieser Wasserreichtum während der Lagerung im Stroh kaum ohne allen schädigenden Einfluß auf die physiologischen Verhältnisse des ruhenden Gerstenkeims bleiben werde, insbesondere nachdem durch anderweitige Untersuchungen ein so enger Zusammenhang zwischen der Atmungsintensität und dem Feuchtigkeitsgehalt der Körner nachgewiesen ist (vergl. Kolkwitz: „Über die Atmung der Gerstenkörner“. Blätter für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau, 1901, S. 370); und nachdem ferner durch die praktische Erfahrung wie durch wissenschaftliche Experimente dargetan ist, wie sehr die Erhaltung der Gesundheit und der Keimkraft der Samen durch höhere Feuchtigkeit erschwert wird. — Das 1000 Korngewicht der Gerste folgt bei gleichen Proben prinzipiell dem Wassergehalt, mit dem

es steigt und fällt; eine Proportionalität zwischen dem Wassergehalt und den Veränderungen des Korngewichts ist aber, analog den früheren Erfahrungen, nicht erweisbar. Die Hektolitergewichte, bestimmt mit der Viertelliter-Reichswage, lassen hier wenig Beziehungen zum Wassergehalt erkennen; doch treten die größten Schwankungen an beiden Versuchssorten bei den wasserreichsten (über 18 %) Gersten auf.

Von ganz besonderem Interesse ist das Ergebnis der Keimprüfung. Es haben die im August unmittelbar nach der Ernte gedroschenen und im Laboratorium aufbewahrten Körner durchgehends die geringste Keimfähigkeit gezeigt; ebenso ausnahmslos keimten die im Stock aufbewahrten Gersten am besten in allen Reihen beider Sorten. Die Trocknung auf dem Speicher (also im Schatten) hat durchschnittlich ein etwas schlechteres Keimresultat gezeitigt als die Feldtrocknung, doch liegt der Unterschied noch innerhalb der Fehlergrenzen. Ein gesetzmäßiger Einfluß der verschiedenen Feldtrocknungsmethoden ist nicht erweislich.

Aus welchem Grunde die im August erdroschenen Gerstenproben eine verhältnismäßig so schlechte Keimung zeigten, ist zunächst nicht zu erklären. Eine Beschädigung durch feuchte Lagerung oder Luftabschluß ist ausgeschlossen; daß die starke Austrocknung an sich schuld daran ist, muß nach den sonstigen Beobachtungen bezweifelt werden. Es ist die Möglichkeit, daß die von verschiedenen Versuchsanstellern beobachteten günstigen Wirkungen der Nachreife im Stroh diesen Körnern gefehlt hat, und daß darauf die Zurücksetzung in der Keimkraft gegenüber den im Stroh aufbewahrten Gersten beruhe, nicht ganz von der Hand zu weisen, wenn auch nicht bewiesen.

Jedenfalls sprechen die Versuche mit großer Klarheit dafür, daß im sofortigen Drusch nach der Ernte Gefahren für die Keimkraft der Gerste liegen, und daß es für diese am besten ist, wenn sie einige Monate unter den Bedingungen des Einbansens im Stroh lagert.

Es ist erfreulich, durch diesen exakten Versuch die allbekannte praktische Erfahrung der Landwirtschaft bewiesen zu sehen.

Wirkung der Trocknung bei höheren Temperaturen.

Die nachfolgend mitgeteilten Versuche wurden teils mit Gerste angestellt, die unmittelbar nach dem Schnitt künstlich getrocknet worden war, teils nach einiger Zeit der Lagerung. Im ersteren Falle kamen die Körner mit ihrem vollen Wassergehalt, wie er dem jeweiligen Reifozustand entsprach, in den Trockenapparat, und die Keimprüfung erfolgte ganz kurze Zeit nach dem Trocknen. Im anderen Falle hatten die Körner beim Lagern an der Luft einen Teil ihrer Feuchtigkeit verloren und waren lufttrocken geworden. Die Keimprüfung erfolgte kurz nach dem Trocknen oder auch einige Zeit später. In den Zusammenstellungen ist außer der Sorte und dem Reifegrade auch der jeweilige Wassergehalt vor und nach der Trocknung angegeben, und ferner die Zeit, welche zwischen Ernte und Ausführung der künstlichen Trocknung, sowie zwischon dem Trocknungsversuch und dem Tag der Anstellung zur Keimprüfung angegeben.

1.

Die Tabelle (S. 106 u. 107) enthält die Resultate, die erhalten wurden bei der Trocknung sehr wasserreicher Gersten unmittelbar nach dem Schnitt. Zu diesen Versuchen fanden nur grün- und gelbreif geerntete Körner Verwendung.

Die Beobachtung der Körner im Keimbett ergab außer den allgemeinen Befunden bei der Keimung solcher noch nicht keimreifer Körner, daß die getrockneten Körner, welche natürlich stark zusammengeschrumpft waren, nur langsam anquellen, und die Erscheinung der Betauung zeigte sich hier in den ersten Tagen der Keimprüfung meist besonders stark. Vor den nicht getrockneten zeichneten sich diese Proben durch ein reinlicheres Aussehen und weniger Pilzbefall aus; auch entwickelten sie in den ersten Tagen einen angenehmen frischen Geruch im Keimbett, während die ungetrockneten sehr bald dumpfig rochen.

Die Keimungsgeschwindigkeit wurde durch die künstliche Trocknung in allen Fällen beträchtlich gesteigert, und ebenso mit einer Ausnahme die Anzahl der in 30—40 Tagen zur Keimung gelangten Körner. Die Keimungsgeschwindigkeit in den ersten Tagen der Keimprüfung stieg meist, wenn auch nicht regelmäßig, mit der

Trocknungstemperatur. Die Anzahl der gekeimten Körner steigt langsam, und fast ebenso wie bei den nicht getrockneten, bei den nach Methode 1 (14stündige Einwirkung von 34°) getrockneten. Die bei 64° getrockneten Proben weisen die größte Zunahme der gekeimten Körner in den ersten 15 Tagen der Keimprüfung auf; darnach wächst die Zahl der durchgebrochenen Keimlinge nur noch langsam. Bei den nach Methode 2 (54°) getrockneten Proben verlangsamt sich der tägliche Zuwachs von gekeimten Körnern meist nach dem 20. Tag. Den größten Prozentsatz gekeimter Körner lieferte in vier Fällen die vierstündige Trocknung bei 54°; in zwei Fällen, bei den wasserärmsten gelbreifen Proben, die zweistündige Anwendung der Temperatur von 64°; bei der wasserreichsten Gerste Nr. 5—8 hat die niedrigste Temperatur trotz stärkster Austrocknung das höchste Keimprozent geliefert. Überhaupt zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Höhe des Wasserverlustes und der Änderung der Keimkraft, wohl aber wirkt jede Temperatur im Verhältnis zum Wasserreichtum der Körner vor der Trocknung, so daß mit steigendem Wassergehalt die Höhe der Trocknungstemperatur abnehmen muß, um die größte Erhöhung der Keimfähigkeit zu bewirken. Aus dem Umstand, daß bei entsprechendem Wassergehalt der Körner durch die Austrocknung die Keimfähigkeit mit der Temperatursteigerung wächst, während bei größerem Wassergehalt höhere Temperaturgrade weniger günstig wirken als niedriger gelegene, läßt sich folgern, daß unter dem Einfluß größerer Feuchtigkeit die Körner durch höhere Temperaturen gleichzeitig eine Schädigung erfahren, welche die günstige Wirkung dieser zugeführten Wärme herabsetzt oder ganz aufhebt. Dieser Schluß erfährt eine Bestätigung durch die späteren Versuche.

Von besonderem Interesse ist auch die Beobachtung, daß ein großer Prozentsatz der Keimlinge solcher der Höchsttemperatur von 64° ausgesetzt gewesenen Samen sich nur wenig entwickelt und nach kurzer Zeit wieder zugrunde geht. Bei den Gersten gleicher Sorte war dieser Prozentsatz der wiederabsterbenden Keimlinge um so höher, je weniger weit vorgeschritten die Feldreife und je größer der Feuchtigkeitsgehalt der Ernte war. Und daß es auch hier lediglich die Temperaturhöhe ist, und nicht der Wasserentzug, durch den diese Erscheinungen herbeigeführt werden, das lehrt nicht nur die Tatsache, daß die niederste angewandte Trocknungstemperatur zwar den gleichen, häufig auch einen noch höheren Wasserverlust

Nummer	Beschaffenheit des Versuchsmaterials: Sorte	Reifegrad	Trocknungsart	Wassergehalt °/o	Lagerzeit (Tage) bis zur Trocknung	Keimprüfung
1	Webbs Gerste	grünreif	0	46,35	—	0
2	" "	"	1	7,55	1	2
3	" "	"	2	8,85	1	2
4	" "	"	3	12,15	1	2
5	Prinzeßgerste	"	0	47,4	—	2
6	"	"	1	9,6	0	2
7	"	"	2	13,44	1	2
8	"	"	3	16,0	0	2
9	Landgerste	"	0	44,7	—	3
10	"	"	1	10,0	2	3
11	"	"	2	11,37	2	3
12	"	"	3	10,85	2	3
13	"	gelbreif	0	37,4	—	3
14	"	"	1	11,62	3	3 1/2
15	"	"	2	9,55	3	3
16	"	"	3	10,74	3	3
17	"	grünreif	0	43,8	—	1
18	"	"	1	7,0	1	1 1/2
19	"	"	2	12,5	1	1
20	"	"	3	11,94	1	1
21	Prinzeßgerste	gelbreif	0	35,2	—	7
22	"	"	1	11,24	2	7
23	"	"	2	10,8	2	7
24	"	"	3	12,08	2	7

Von 100 keimten nach Tagen						Bei Versuchsabschluß		Verdorbene von den gekeimten	
5	10	15	20	30	40	Maximalzahl	Latitude	anfangs	im ganzen
5	11	16	19	21	23,5	25	3	0	0
3	23,5	36,5	41	43	44	45	2	0	0
14	42,5	45	55	63,5	65	66	2	0	0
22	33	40	50	55,5	57	57	0	10	16,5
4,5	15	19	21	22		23	1	0	0
3	29,5	37,5	42	45,5		54	17	0	0
11	33	36,5	39	41		43	3	1,5	1,5
17	21,0	21,5		21,5		24	4	15	15
0,5	14,5		26,5	30,5	34	35	2	0	0
2	14,5		38,5	48	54	61	14	0	0
3	28,5		51	61,5	64	68	8	0	0
30	49,5			50	50	51	1	25,5	26,5
5	19,5		29,5	36,5	48	53	10	0	0
5,5	20		33,3	58,5	70,5	75	9	0	0
6	28,5		48,5	66	74,5	76	3	2	2
39,5	62,5		71,5	78,5	79	81	4	18,5	23,5
3,75	25	50	58,25	65	68	75	14	0	0
4,5	44	65,5	80	86,5	90	93	6	0	0
9	58	78	83	90	91,5	92	1	0	0
57	76,5				76,5	79	5	38	45
9,5	16	33,5	43	49,5	56	58	4	0	0
8	24,5	38,5	52	65	69	72	6	0	0
5,5	19	34,5	45,5	56,5	63	65	4	0	0
29	43	55,5	60,5	65	69,5	75	9	8,5	8,5

bewirkte, als die Höchsttemperatur, niemals aber ein derartiges Auftreten von Keimlingen, die nicht lebensfähig sind; dies ergibt sich auch aus der Beobachtung, daß in zwei Fällen auch die zweithöchste Temperatur solche Folgen gezeitigt hat, aber in viel kleinerem Umfang (Versuch 7 und 19). Weiter sei als bemerkenswert angeführt, daß weitaus die größte Mehrzahl der wieder abgestorbenen Keimlinge zu denen gehörte, welche in den ersten fünf Tagen der Keimprüfung erschienen waren. Diese bei allen Versuchen sich wiederholende Erscheinung läßt auch Vermutungen zu in Betreff der Erklärung der Wärmewirkung. Die Wärme scheint auf den ruhenden Keimling eine Reizwirkung auszuüben, so daß er durch die Keimungsbedingungen zur Entfaltung angeregt wird, bevor die im Ruhestand des Samens zweifellos vor sich gehenden physiologischen und chemischen Umsetzungen im Keimling und dem Endosperm weit genug gediehen sind, um das Gleichgewicht zwischen Wachstum und Ernährung der Keimlingsteile unterhalten zu können. So könnte die Enzymbildung und Enzymwirkung im Endosperm unzureichend sein. Nach den Beobachtungen von Brown und Morris („Untersuchungen über die Keimung einiger Gräser"; Ztschr. f. d. ges. Brauwesen, 1890) stellt sich ohne vorherige Wasserabgabe seitens frisch geernteter Körner die Enzymsekretion aus dem Schildchenepithel nicht ein; durch die Wasserabgabe bei der Trocknung könnte sie zwar angeregt, aber aus unbekannten, mit der Samenruhe zusammenhängenden Gründen nicht vollständig und andauernd funktionstüchtig werden. Die Keimlinge gehen nicht bei einem bestimmten Entwicklungszustand ein, sondern gedeihen sehr verschieden weit, bis Stillstand im Wachstum und Turgeszenzverlust und weiterhin unter Bräunung der Gewebe Absterben der gebildeten Wurzeln eintritt. Die länger wachsenden Keimlinge könnten jene sein, welche unter besseren Ernährungsbedingungen stehen. Da aber nicht bloß in den ersten Tagen entfaltete Keimlinge wieder absterben, sondern auch solche, welche in späteren Stadien der Keimprüfung entwickelt werden, und da dieselbe Erscheinung auch bei stark erhitztem, lufttrockenen und völlig keimreifem Getreide durch Trocknung bei sehr hohen Temperaturen (74 ⁰ und darüber nach den früher mitgeteilten Versuchen) zur Beobachtung kam, so ist anzunehmen, daß durch die Erwärmung einzelne Embryonen auch eine direkte Schädigung erfahren, deren Folgen sich erst während oder nach der Entfaltung zeigen. Ist

diese Annahme richtig, so muß bei einer späteren Keimprüfung nach Eintritt der vollen Keimreife diese Schädigung in der Anzahl der gekeimten Körner zum Ausdruck kommen. Da es auch sonst noch von Interesse ist, das Verhalten der getrockneten Samen bei späterer Einwirkung der Keimlingsbedingungen zu beobachten, wurde mit einem Teil des Versuchsmaterials nach 4—5½ monatlicher Lagerzeit eine zweite Keimprüfung vorgenommen, deren Ergebnis in nachfolgender Zusammenstellung niedergelegt ist:

(Siehe nächstfolgende Tabelle)

Getrocknet unmittelbar nach

Frühere Nr.	Beschaffenheit des Versuchsmaterials: Sorte	Reifegrad	Lagerzeit Monate	Trocknungsart
9	Landgerste	Grünreif	5	0
10	"	"	5	1
11	"	"	5	2
12	"	"	5	3
13	"	Gelbreif	5	0
14	"	"	5	1
15	"	"	5	2
16	"	"	5	3
17	"	Grünreif	4	0
18	"	"	4	1
19	"	"	4	2
20	"	"	4	3
5	Prinzeßgerste	Grünreif	5 1/2	0
6	"	"	5 1/2	1
7	"	"	5 1/2	2
8	"	"	5 1/2	3
21	"	Gelbreif	5 1/2	0
22	"	"	5 1/2	1
23	"	"	5 1/2	2
24	"	"	5 1/2	3

dem Schnitt. 2. Keimprobe.

Von 100 keimten in Tagen				Bei Versuchsabschluß		Von den gekeimten Körnern wieder verdorben	
1	2	3	10	Max.-Zahl	Latitude		
29,5	99	99,5	99,5	100	1	0	
10	88,5	98	99	100	2	0	
0	39,5	91	96,5	98	3	6,5	
0	17	36	39	41	4	26,5	
7,5	100		100	100	0	0	
24,5	99	100	100	100	0	0	
6	89	98,5	98,5	99	1	0	
2	46,5	82	85	86	2	0	
1,5	100		100	100	0	0	
0,5	74	94,5	100	100	0	0	
0	68	96,5	99	100	2	0	
0	24	63,5	63,5	68	9	0	
4	97,5	99	99,5	100	1	0	
0	46	79	94	98	8	0	
0	10	48,5	74	79	10	0	
0	2	16	22	23	2	3,5	verdorben von den zuerst gekeimten.
0	99	99,5	99,5	100	1	0	
0	97,5	99,5	100	100	0	0	
0	82,5	95,5	97	99	4	0	
0	42	66,5	67,5	69	3	0	

Diese Zahlen ergeben ein anderes Bild, wie die vorher mitgeteilten. (Tabelle S. 106.) Zwar ist die Mehrzahl der erst künstlich getrockneten und dann gelagerten Samen ebenfalls in der Keimreife fortgeschritten, wie die bloß an der Luft trocken gewordenen; aber während diese nun die volle Keimkraft mit 99—100 % Keimen am dritten Tage zeigen, bleiben die ersteren in der Keimungsschnelligkeit fast durchaus zurück, und zwar umsomehr, je stärker sie erhitzt waren. Das Keimprozent hat durch die niederste Trocknungstemperatur nur einmal, und zwar bemerkenswerterweise bei der wasserreichsten grünreifen Prinzeßgerste gelitten; sonst steht es auf der Höhe der nicht erwärmten Samen. Die beiden anderen Trocknungsmethoden haben durchgehends die Keimfähigkeit erniedrigt, und zwar die höchste Temperatur viel mehr als die mittlere. Die Schädigung durch die Höchsttemperatur geht wieder fast genau parallel dem Wassergehalt der Ernte, wie folgende Zahlen zeigen:

Sorte und Reife	Von den bei 64° getrockneten Körnern keimten %		
	Wassergehalt %	bei der I. Keimprüfung	bei der II. Keimprüfung
Prinzeßgerste, grün . . .	47,4	21,5	22
Landgerste, grün	44,7	50	39
„ „	43,8	76,5	63,5
Prinzeßgerste, gelb . . .	35,2	69,5	67,5
Landgerste, gelb	37,4	79	85

Aus dieser Zusammenstellung ist neben dem Einfluß des Wassergehalts auch der der Sorte erkenntlich, indem die schwedische Prinzeßgerste empfindlicher zu sein scheint als die Landgerste. Weiterhin ist die Feststellung interessant, daß nur eine dieser bei höherer Temperatur getrockneten Proben den Prozentsatz der gekeimten Körner während der mehrmonatlichen Lagerzeit erhöht hat, eine auf der gleichen Stufe stehen geblieben ist, und die anderen zurückgegangen sind. Die sämtlichen nicht oder bei niedriger Temperatur

getrockneten (aber sonst in derselben Weise behandelten) Proben haben dagegen eine beträchtliche Zunahme in der Keimfähigkeit erfahren.

Auch bei solchen längere Zeit gelagerten Gersten, die stark erhitzt waren, sind in einzelnen Fällen die entwickelten Keime wieder eingegangen, und zwar bei der grünreifen Landgerste 16 so viel, daß diese nur 12,5 % lebensfähige Keimpflanzen ergab. Von dieser Probe abgesehen ist aber diese Erscheinung weit weniger eingetreten, als unmittelbar nach der Trocknung, so daß die Annahme von der doppelten Wirkung der Erwärmung an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Diejenigen, kurz nach der Ernte noch nicht entwicklungskräftigen Keimlinge, welche nur durch den Wärmereiz zu einer vorzeitigen Entfaltung veranlaßt werden können, und dann wieder absterben, werden, wenn die Keimungsbedingungen erst später auf sie einwirken, dann infolge der die zunehmende Keimreife veranlassenden Veränderungen eine normale Entwicklung und Lebensfähigkeit zeigen; andere, die durch die Wärme direkt geschädigt sind, werden sich entweder gar nicht entfalten oder aber bald wieder eingehen; wieder andere scheinen von der Wärme weder in günstigem, noch in ungünstigem Sinn beeinflußt zu werden. —

Die weiteren Versuche sind zu verschiedenen Zeiten nach dem Schnitt der Gerste ausgeführt, nachdem die Samen mehr oder weniger lufttrocken geworden waren. Die Wassergehalte vor der künstlichen Trocknung schwanken, wie aus der Tabelle ersichtlich, zwischen 13 und 20 %. Die Keimprüfung erfolgte teils unmittelbar nach der Trocknung, teils wurde sie erst später ausgeführt.

(Siehe nachfolgende Tabellen.)

Nummer	Beschaffenheit des Versuchsmaterials			Wassergehalt %	Lagerzeit (Tage) bis zur		Von 100 keimten in Tagen						Bei Versuchsabschluß		Verdorben von den gekeimten	
	Sorte	Reifegrad	Trocknungs-Art		Trocknung	Keimprüfung	2	3	5	10	20	30	Max.-Zahl	Latitude	anfangs	im ganzen
1	Prinzeßgerst	Grünreif	0	15,77	—	63	94	98	99	99			99	0	1	1
2	"	"	1	8,87	40	63	99	99,5	100	100			100	0	0	0
3	"	"	2	8,95	40	63	94,5	98,5	99	99			99	0	1	1
4	"	"	3	8,77	40	63	97	99,5	99,5	99,5			100	1	0,5	0,5
5	"	Gelbreif	0	16,08	—	63	98,5	99,5	99,5	99,5			100	1	0	1
6	"	"	1	8,48	39	63	98	99,5		99,5			100	1	0	0
7	"	"	2	8,40	39	63	98,5	100		100			100	0	0	0
8	"	"	3	8,44	39	63	99	99,5		99,5			100	1	0,5	0,5
9	"	Vollreif	0	15,81	—	62	99,5			100			100	0	0	0
10	"	"	1	8,62	42	62	99	100		100			100	0	0	0
11	"	"	2	8,45	42	62	100			100			100	0	0	0
12	"	"	3	8,21	42	62	98	99,5		100			100	0	0	0
13	Webbs Gerste	Grünreif	0	15,6	—	19		3		32	71	74	77	6	0	0
14	"	"	1	8,80	18	19		7		67	89,5	91	94	6	0	0
15	"	"	2	7,60	18	19		1		26,5	71	78,5	82	7	0	0
16	"	"	3	9,00	18	19		1		39,5	75	81	86	10	0	0
17	"	Gelbreif	0	15,76	—	35		99	99,5	100			100	0	0	0
18	"	"	1	8,86	34	35		97	98	99			99	0	0	0

19	Webbs Gerste	Gelbreif	2	8,52	34	35		95	97,5	98			99	2	0	0
20	"	"	3	8,92	34	35		90,5	98,5	98,5			100	3	0	0
21	"	Totreif	0	13,33	—	34		78	84	92,5		92,5	93	1	0	0
22	"	"	1	8,08	27	34		91,5	99,5	97		98	98	0	0	0
23	"	"	2	7,73	27	34		72,5	79	82		92	96	8	0	0
24	"	"	3	8,00	27	34		51,5	58	64		85,5	87	3	0	0
25	Landgerste	Grünreif	0	15,86	—	41		74,5	78,5	81,5	93,5		95	3	0	0
26	"	"	1	8,18	39	41		76	81	83,5	94		96	4	0	0
27	"	"	2	7,90	39	41		23	34	45,5	76		79	6	0	0
28	"	"	3	8,34	39	41		20	31,5	41,5	82		83	1	0	0
29	"	Gelbreif	0	15,06	—	69	97	98		99,5			100	1	0	0
30	"	"	1	8,42	41	69	92,5	98		100			100	0	0	0
31	"	"	2	8,66	41	69	95,5	99		100			100	0	0	0
32	"	"	3	8,26	41	69	88	98,5		100			100	0	0	0
33	"	Voll-Totreif	0	15,25	—	63	97,5	99,5		99,5			100	1	0,5	0,5
34	"	"	1	8,40	36	63	99,5	100		100			100	0	0	0
35	"		2	8,42	36	63	95,5	100		100			100	0	0	0
36	"		3	8,07	36	63	93,5	100		100			100	0	0	0
37	"	Grünreif	0	19,73	—	2	1		6	48	73	83	88	5	0	0*)
38	"	"	1	10,8	2	$2^1/_2$			10	49,5	82,5	91	93	4	0	0
39	"	"	2	8,02	2	2			0,5	35,5	82	89	89	0	0	0
40	"	"	3	8,16	2	2			2	46,5	86	91	91	0	0	0
41	"	Vollreif	0	15,59	—	21		31,5	62,5	89,5	95,5	97	98	2	0	0
42	"	"	1	11,13	18	21		37	68,5	92	99	100	100	0	0	0

*) Die Probe 37—40 wurde vor Ausführung der Versuche zwei Tage an der Sonne getrocknet.

Nummer	Beschaffenheit des Versuchsmaterials			Wassergehalt %	Lagerzeit (Tage) bis zur		Von 100 keimten in Tagen						Bei Versuchsabschluß		Verdorben von den gekeimten	
	Sorte	Reifegrad	Trocknungs-Art		Trocknung	Keimprüfung	2	3	5	10	20	30	Max.-Zahl	Latitude	anfangs	im ganzen
43	Landgerste	Vollreif	2	10,47	18	21		8	50,5	91,5	96	98,5	99	1	0	0
44	"	"	3	9,19	18	21		5	57	92	96	98	99	2	0	0
45	"	Grünreif	0	19,3	—	10			3,25	4,5	6,0	13,75	18	9	0	0
46	"	"	1	10,34	10	10			16,5	26,5	32,75	40,25	47	12	0	0
47	"	"	2	6,7	10	10			4,75	8,75	14,0	21,75	30	14	0	0
48	"	"	3	9,92	10	10			6,25	11,25	17,75	24,5	28	7	0	0
49	"	"	0	19,3	—	36	13		83	89,5	94,25		98	8	0	0
50	"	"	1	10,34	10	36	23		94	95,5	96,0		97	1	0	0
51	"	"	2	6,7	10	36	14,5		77	89,0	92,0		95	6	0	0
52	"	"	3	9,92	10	36	10		84,5	92,0	94,5		95	0	0	0
53	"	"	0	16,5	—	61		97,0		99,25			100	2	0	0
54	"	"	1	8,17	42	61		96,5		98,75			100	2	0	0
55	"	"	2	8,43	42	61		96,75		99,5			100	2	0	0
56	"	"	3	8,14	42	61		94,0		99,5			100	1	0	0
57	"	"	0	16,5	—	68	85,5	98,75		99,75			100	1	0	0
58	"	"	1	8,47	—	68	97,5	99		99,5			100	1	0	0
59	"	"	2	8,43	—	68	79,0	97,5		99,5			100	1	0,5	0,5
60	"	"	3	8,14	—	68	68,0	97,0		100,0			100	0	0	0

61	Landgerste	Grünreif	0	25,18	—	8			8,75	14,25	19	24,25	25	2	0	0
62 *)	"	"	4	6,78	7½	8			63,75	72,25	75,75	79,5	82	5	0	0
63	"	"	0	—	—	15			23,75	29	38,75	48,5	55	17	0	0
64	"	"	4	—	7½	15			74	76,25	80,25	83,75	89	7	0	0
65	"	"	0	—	—	36	37,5		95,5	96,75	97		98	4	0	0
66	"	"	4	—	7½	36	65,25		97,25	98	98,25		99	2	0	0
67	"	"	0	—	—	61	84	98,5		99,5			100	1	0	0
68	"	"	4	—	7½	61	92,5	98,75		99,25			100	2		
69	"	Vollreif	0	17,4	—	8			32,5	36,25	42,75	49	53	6	0	0
70	"	"	1	10,36	7	8			72	73,75	75,25	76,75	80	8	0	0
71	"	"	2	9,64	7	8			45	59,75	63,25	65,5	69	7	0	0
72	"	"	3	9,44	7	8			62,25	66,5	69,75	72,5	78	13	0	0
73	"	"	0	—	—	20		32,5	54	65,75	69,5		75	10	0	0
74	"	"	1		7	20		48	74,5	82	84		85	2	0	0
75	"	"	2		7	20		15,5	38,5	62,5	67		72	10	0	0
76	"	"	3		7	20		17,5	46,5	64,5	69		69	0	0	0
77	"	"	0	15,98	—	20		32,5	54	65,75	69,5		75	10	0	0
78	"	"	1	10,04	20	20		58,25	77,5	86,25	88		89	3	0	0
79	"	"	2	8,98	20	20		18	39,5	61,75	68,75		73	10	0	0
80	"	"	3	8,88	20	20		19	45,25	64,25	72		81	23	0	0
81	"	"	0		—	61	97,75	99,5		99,5			100	1	0	0
82	"	"	1		20	61	97,5	100		100			100	0	0	0
83	"	"	2		20	61	96	100		100			100	0	0	0
84	"	"	3		20	61	91,5	100		100			100	0	0	0

*) 7h bei 53°.

Die Ergebnisse schließen sich im allgemeinen den seitherigen Erfahrungen an. Erfolgt Trocknung und Keimprüfung bald nach dem Schnitt, so hatte die Erwärmung eine Erhöhung der Keimkraft zur Folge, die in einer Vermehrung der Geschwindigkeit, wie der Gesamtzahl der Keimlinge zum Ausdruck kam. Die ungünstigen Wirkungen höherer Temperaturen zeigten sich, wo solche Empfindlichkeit vorhanden, bei einem gewissen Abstand zwischen Ernte und Versuchszeit häufig nicht nur in einer Erniedrigung des Keimprozents, sondern auch, analog den früheren Erfahrungen bei der Trocknung keimreifer Gerste, in einer Herabsetzung der Keimungsgeschwindigkeit (vergl. hierzu besonders die Versuche 13—28). Gleichzeitig ist auch hier die schon mehrfach beobachtete Verschiedenartigkeit der Reaktion zu bemerken, welche die einzelnen Proben den gleichen Einwirkungen folgen lassen. Insbesondere auffällig ist hier das Verhalten der totreifen Webbsgerste, welcher trotz niedrigerem Wassergehalt die höheren Temperaturen sehr geschadet haben. — Die Keimreife schreitet im getrockneten Material ähnlich fort wie in ungetrocknetem, und die Zeit der Ausführung der Trocknung scheint hierauf keinen Einfluß zu haben. Läßt sich dies mit einiger Vorsicht schon aus den Versuchen 1—44 folgern, so ist es mit Sicherheit zu erschließen aus den Versuchen 45—84, bei welchen gruppenweise genau dasselbe Material in verschiedenem Abstand von der Ernte getrocknet, und zu verschiedenen Zeiten nach der Trocknung auf seine Keimkraft geprüft wurde. Um den Einfluß der Zeitdifferenz zwischen Trocknung und Keimprüfung genauestens verfolgen zu können, wurde eine noch ziemlich feuchte Gerste grünreif geerntet, acht Tage nach dem Schnitt in einer größeren Menge 17 Stunden lang bei 54 ⁰ (Methode 4) der Heizluft getrocknet. Die Temperatur im Darrgut stieg, da die Darrtrommel etwa 1 kg dieser Gerste enthielt, natürlich nur sehr langsam an und hatte erst nach etwa 13 Stunden die Höhe von 52 ⁰ erreicht. Der Wassergehalt wurde dabei von 25,18 auf 6,78 % erniedrigt. Die Körner wurden unter Berücksichtigung der früheren Erfahrung sehr gut gemischt und in gleicher Weise wie das ungetrocknete Material derselben Probe aufbewahrt. Die in gewissen Abständen wiederholten Keimprüfungen (Versuch 61—68) ergaben, daß zunächst das ungetrocknete Material viel langsamer und schlechter keimte als das getrocknete. Die Differenz zwischen der Keimfähigkeit beider Proben verringerte sich aber immer mehr und hatte sich

zwei Monate nach der Ernte völlig ausgeglichen; doch war auch zu dieser Zeit die Keimungsenergie beim getrockneten Material noch etwas höher als beim ungetrockneten. Es schreitet demnach die Keimreife in getrockneten Körnern nach der Trocknung langsamer fort als in ungetrockneten, so daß trotz des anfänglichen Vorsprungs der ersteren doch beide ungefähr gleichzeitig völlig lagerreif werden. Dies Ergebnis ist analog dem des früher mitgeteilten Versuchs über den Einfluß der Besonnung auf den Fortschritt der Keimreife.

Zur Ergänzung der Beobachtungen über die Nachwirkung der Trocknung wurde auch bei einer Anzahl lufttrockener Gerstenproben die Trocknung zurzeit der unvollendeten Keimreife (anfangs August) ausgeführt, der Keimversuch aber erst 4—5½ Monate nach der Ernte, worüber nachfolgende Zahlen:

(Siehe nachfolgende Tabelle.)

Bezeichnung		Beschaffenheit des Versuchsmaterials			
Lfde. Nr.	Frühere Nr.	Sorte	Reifegrad	Trocknungs-Art	Lagerzeit Monate
21		Prinzeßgerste	Vollreif	0	$5^1/_2$
22		"	"	1	$5^1/_2$
23		"	"	2	$5^1/_2$
24		"	"	3	$5^1/_2$
25		Landgerste	Grünreif	0	5
26		"	"	1	5
27		"	"	2	5
28		"	"	3	5
29		"	Gelbreif	0	$5^1/_2$
30		"	"	1	$5^1/_2$
31		"	"	2	$5^1/_2$
32		"	"	3	$5^1/_2$
33		"	Vollreif	0	$5^1/_2$
34		"	"	1	$5^1/_2$
35		"	"	2	$5^1/_2$
36		"	"	3	$5^1/_2$
37		"	Grünreif	0	4
38		"	"	1	4
39		"	"	2	4
40		"	"	3	4
41		"	Vollreif	0	4
42		"	"	1	4
43		"	"	2	4
44		"	"	3	4

Lufttrocken getrocknet II. Pr.

Von 100 keimten in Tagen				Bei Versuchsabschluß		Von den gekeimten Körnern wiederverdorben
1	2	3	10	Maximal-Zahl	Latitude	
	98,5	99,5	99,5	100	1	0
	99	100	100	100	0	0
	99,5	100	100	100	0	0
	100	—	100	100	0	0
29,5	99	99,5	99,5	100	1	0
31	99,5		100	100	0	0
31	100		100	100	0	0
28	99		99,5	100	1	0
7,5	100		100	100	0	0
7	99,5		99,5	100	1	0,5
14	100		100	100	0	0
10	98,5	100	100	100	0	0
19	100		100	100	0	0
10,5	99,5		99,5	100	1	0
16	98,5		98,5	99	1	0
27	100		100	100	0	0
1,5	100		100	100	0	0
4	96	100	100	100	0	0
3	99	100	100	100	0	0
1	97	99,5	99,5	100	1	0
11,5	99,5	100	100	100	0	0
35	100		100	100	0	0
6,5	100		100	100	0	0
5,5	98	99	99	99	0	1

Es geht auch aus dieser Zusammenstellung hervor, daß die getrockneten ebenso wie die ungetrockneten Körner schließlich die volle Lagerreife erreichen und schädliche, die Keimung hemmende Wärmewirkungen sind bei diesen Versuchen mit lufttrockenem Material bei den angewandten Trocknungsmethoden kaum hervorgetreten, wenigstens nicht in einem die Versuchsfehlergrenzen übersteigenden Maße.

Die vorstehenden Versuche berechtigen zu folgenden Schlußsätzen:

1. Durch künstliche Trocknung wird die Keimkraft nicht lagerreifer Gerste beträchtlich gesteigert.
2. Bei nicht zu wasserreichen Körnern wächst die Beschleunigung der Keimung und die Höhe des Keimprozents meist mit der Steigerung der Trocknungstemperatur.
3. Je wasserreicher die Körner sind, desto günstiger wirkt eine niedrigere Trocknungstemperatur bei gleicher Austrocknungsintensität gegenüber höheren Wärmegraden.
4. Zwischen der Höhe des durch künstliche Trocknung bewirkten Wasserverlustes und der Beeinflussung der Keimkraft durch die Trocknung konnte durch die vorstehenden Versuche kein Zusammenhang nachgewiesen werden.
5. Die Verbesserung der Keimkraft durch die Trocknung ist umso beträchtlicher, je geringer diese zurzeit der Trocknung ist.
6. Jedoch kann eine nicht lagerreife Gerste durch künstliche Trocknung nicht sofort zur vollen Keimkraft gebracht werden.
7. Der Fortschritt in der Keimkraft getrockneten Materials ist langsamer als bei ungetrocknetem gleichen Alters, so daß die augenblickliche Erhöhung der Keimungs-

energie infolge der Trocknung auf Kosten der späteren Reifungsgeschwindigkeit geschieht.

8. Deshalb verringert sich die Differenz zwischen der Keimgeschwindigkeit getrockneter und ungetrockneter Gerste von Tag zu Tag, und die volle Keimreife wird von beiden ungefähr zur gleichen Zeit erreicht.
9. Ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Trocknung, dessen Abstand von der Ernte und von der Keimprüfung einerseits, und der Wirkung der Trocknung auf die Keimkraft anderseits, kann aus den Versuchen nicht gefolgert werden.
10. Die künstliche Trocknung hat auch einen die Entwicklung von Pilzen auf dem Keimgut hemmenden Einfluß.
11. Der Prozentsatz der angekeimten Körner ist kein sicherer Maßstab zur Beurteilung der Keimkraft solcher künstlich getrockneter Gerste, weil häufig die entwickelten Keimlinge wieder zugrunde gehen.
12. Die Anzahl der nachträglich wieder absterbenden Keimlinge ist umso größer, je wasserreicher die Gersten vor der Trocknung und je höher die Trocknungstemperaturen sind.
13. Die Mehrzahl dieser nicht lebensfähigen Keime sind solche, die während der ersten Tage der Keimprüfung durchgebrochen sind.
14. Auch nach mehrmonatlicher Lagerzeit nach der Trocknung können bei der Keimprobe mit solchen Körnern, die mit hohem Wassergehalt kurz nach der Ernte künstlich getrocknet wurden, die entwickelten Keim-

linge teilweise wieder absterben, wenn auch in geringerem Maßstabe, als wenn die Keimversuche unmittelbar nach der Trocknung und vor Abschluß der Nachreifung angestellt werden.

15. Ein solches Verderben entwickelter Keimlinge im Keimbett ist fast nie beobachtet worden, wenn die Körner frisch oder nach Abtrocknung bei gewöhnlicher Lufttemperatur den Keimungsbedingungen ausgesetzt wurden.

16. Während alle von selbst oder bei niederen Temperaturen künstlich getrockneten Körner nach mehrmonatlicher Lagerzeit die volle Keimkraft erlangen, trifft dies bei den stärker erhitzten nicht immer zu; diese keimen vielmehr häufig auch nach Vollendung der Ablagerung schlecht, wenn sie mit hohem Wassergehalt zur Trocknung kamen, und zwar zu umso geringerem Prozentsatz, je größer der Wassergehalt vor der Trocknung und je höher die einwirkende Trocknungstemperatur war.

17. Einzelne Proben wurden, wenn sie vor vollendeter Nachreifung auch bei niedrigem Feuchtigkeitsgehalt künstlich getrocknet wurden, in ähnlicher Weise nachteilig beeinflußt, wie dies früher für höhere als die hier angewandten Temperaturen bei Versuchen mit abgelagerter Gerste festgestellt worden ist.

18. Aus den vorhergehenden Sätzen läßt sich folgern, daß eine künstliche Trocknung nicht abgelagerter Gerste neben der die Keimungsgeschwindigkeit begünstigenden Wirkung auch Schädigungen in der Keimkraft verursachen kann, die bis in die Zeit der vollendeten Lagerreife nach-

wirken, und die umso stärker auftreten, je größer der Wassergehalt der Körner und je höher die Trocknungstemperatur war.

19. Unabhängig vom Grad der Feld- und Lagerreife, vom Wassergehalt und der Höhe der Trocknungstemperatur zeigen außerdem die einzelnen Proben und Sorten hinsichtlich ihrer Keimkraft eine verschiedene Reaktion gegenüber der Anwendung künstlicher Trocknung.

20. Für die Praxis beweisen die Versuche, daß durch künstliche Trocknung die langsam vor sich gehende Nachreife der Gerste auf dem Lager **nicht** ersetzt werden kann, wenigstens nicht innerhalb wirtschaftlicher Grenzen der aufzuwendenden Leistungen; und daß frisches Material besondere Vorsicht bei Anwendung künstlicher Trocknungsmethoden verlangt, wenn es nicht weitgehende Schädigungen erleiden soll.

Schluß.

Fassen wir die in den vorstehend mitgeteilten Versuchen gemachten Erfahrungen kurz zusammen, so ergibt sich, daß eine künstliche Austrocknung des Getreides gewisse Vorsichtsmaßregeln erfordert, wenn es an der Keimfähigkeit keinen Schaden leiden soll. Obwohl kein direkter Zusammenhang zwischen der Höhe des Wasserverlustes und der Beeinträchtigung der Keimkraft der Körner besteht, so ist doch die erste Voraussetzung für weitere Versuche auf diesem Gebiet die Feststellung desjenigen Trockenheitsgrades, mit welchem die Frucht bei den verschiedenen Aufbewahrungs- und Behandlungsmethoden haltbar ist, von größter Wichtigkeit; einmal, weil es nicht wirtschaftlich wäre, die Austrocknung weiter zu treiben, als absolut notwendig; zum andern, weil von einem gewissen Feuchtigkeitsgehalt ab der Aufwand für die weitere Trocknung

(Arbeit, Wärme, Zeit) nicht im Verhältnis der Wasserabgabe, sondern viel stärker, beschleunigt wachsen muß. Ferner werden nach den vorstehenden Erfahrungen nur diejenigen Trocknungsmethoden Aussicht auf allgemeine Anwendbarkeit haben, die für jeden Trocknungseffekt mit den höchst möglichen Wärmegraden und dem geringsten Zeitaufwand arbeiten, da die Wasserabgabe weit mehr unter dem Einfluß der Temperaturhöhe als der Trocknungszeit steht. Nachdem sich ferner herausgestellt hat, daß hinsichtlich ihres Einflusses auf die Keimfähigkeit der Körner jede Trocknungstemperatur im Verhältnis zum Wassergehalt der Frucht während ihrer Anwendung wirkt, und deshalb eine umso kräftigere Wärmezufuhr möglich ist, je trockener die Frucht ist, so werden unter sonst gleichen Bedingungen diejenigen Trocknungsmethoden den Vorzug verdienen, bei denen die Trocknungswärme allmählich mit dem Trockenheitsgrad der Frucht wächst. Diese Methoden werden auch deshalb die wirtschaftlichsten sein, weil den höheren Feuchtigkeitsgraden geringere Kraftaufwendungen entsprechen, als den später fortzuschaffenden Wasserprozenten; denn nach den vorliegenden Versuchen ist es nicht angängig, die aus den Körnern zu entfernenden Wassermengen nach Analogie der freien Wasserverdampfung mit den hierfür aufzuwendenden Kalorien in ein einfaches arithmetisches Verhältnis zu setzen.

Werden bei der künstlichen Getreidetrocknung die jedem Feuchtigkeitszustand entsprechenden „kritischen" Temperaturen überschritten, so tritt eine Schädigung in der Keimkraft ein, die mit der Trocknungswärme in beschleunigtem Verhältnis wächst und bis zur völligen Vernichtung der Keimkraft steigen kann. Bei gleicher Temperaturhöhe wächst die Beschädigung mit der Dauer der Einwirkungszeit, aber nicht verhältnismäßig, sondern viel langsamer.

In vielen Fällen hat die künstliche Trocknung auch einen der Keimung förderlichen Einfluß auf das Trockengut, und zwar sowohl auf Getreide, das sich noch nicht im Besitze der vollen Keimungsreife befindet, als auch auf solches, welches den Höhepunkt der Keimkraft schon überschritten hat. Doch genügte keine der hier angewandten Trocknungsmethoden, um die Keimfähigkeit auf die dem erfahrungsmäßigen Maximalbetrag entsprechende Höhe zu heben, so daß die künstliche Trocknung weder das Lagern bei frischer Frucht ersetzen, noch die Schädigungen bei älterem, schlecht keimendem Getreide völlig aufheben kann. Dagegen ist die Feststellung

von Wichtigkeit, daß die künstliche Trocknung unabgelagerter Frucht ohne Schaden für die später erreichte Lagerreife in jedem Zeitabstand von der Ernte ausführbar ist, wenn nur den Beziehungen zwischen Feuchtigkeitsgehalt und Wärmewirkung Rechnung getragen wird. Auch der weitere Nachweis, daß die in den Getreideernten häufig in größeren Mengen vorhandenen Körner einer unvollendeten Feldreife die künstliche Trocknung vertragen, ist von Bedeutung. Die frühere Erfahrung, daß die Intensität in der Wirkung der Trocknung auf die Keimkraft eine nach Individuum, Versuchsprobe und Sorte verschiedene sein kann, ist sowohl hinsichtlich der keimungsförderlichen, wie der nachteiligen Beeinflussung auch durch die vorliegenden Versuche bestätigt.

Wenn demnach infolge der Witterung die Gewinnung einer einlagerungsfähigen Ernte nicht möglich ist, oder wenn die Art der Aufbewahrung und Behandlung an die Haltbarkeit der Frucht besondere Anforderungen stellt, dann ist eine künstliche Trocknung des Getreides unter Berücksichtigung aller wichtigen Punkte ausführbar, auch wenn an seine Keimkraft die höchsten Anforderungen zu stellen sind. Soweit man sich aber mit der Wirkung der natürlichen Trocknungsfaktoren begnügen muß, kann man bei Beobachtung der seitherigen, durch die praktische Erfahrung gewonnenen Regeln über Ernte und Lagerung sehr wohl ein brauchbares, und gut und gleichmäßig keimendes Ernteprodukt erzielen.

An dieser Stelle möchte ich mir erlauben, herzlichsten Dank zum Ausdruck zu bringen Herrn Professor Dr. Kraus in München, der vorliegende Arbeit anregte und ihre Durchführung durch Zuweisung der erforderlichen wissenschaftlichen Hilfsmittel ermöglichte. Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Professor Dr. Ulsch in Weihenstephan für Überlassung seiner Trockenapparate und wertvolle technische Beratung hinsichtlich ihrer Benützung.

